ENDEAVOUR

Revista trimestral destinada a registrar el progreso de las ciencias al servicio de la humanidad

---

VOLUMEN X Abril 1951 NUMERO 38

SUMARIO

Editorial: Una rareza británica 61

53.092:539.893
Algunos resultados en los estudios de las altas presiones — P. W. BRIDGMAN — 63

58.006 (425.7)
El Jardín Botánico de Oxford — T. G. B. OSBORN — 70

639.21.04:539.163.4
El fósforo radiactivo y el intercambio de nutrientes lacustres — F. R. HAYES y C. C. COFFIN — 78

069.02:5/6
El Museo de Ciencia de Londres — F. SHERWOOD TAYLOR — 82

551.576.1:551.577.53
La física de las nubes y su precipitación — P. A. SHEPPARD — 89

576.8.097.3:582.29
Substancias antibióticas procedentes de líquenes — FLORENCIO BUSTINZA — 95

591.82/.87
La permeabilidad de los tejidos animales — G. M. WYBURN y P. BACSICH — 100

547.914:581.135.53
Problemas químicos de las gomas y mucílagos vegetales — E. L. HIRST — 106

049.3
Revista de libros 111

Notas sobre los colaboradores 114

Redactor-jefe: E. J. HOLMYARD
Redactor auxiliar: TREVOR I. WILLIAMS
Ediciones extranjeras: J. A. WILCKEN

Imperial Chemical Industries, Nobel House, Buckingham Gate, Londres, S.W.1
Toda comunicación a los editores debe dirigirse a 26 Dover Street, Londres, W.1

Una rareza británica

La Gran Bretaña es una isla, hecho geográfico que representa ventajas e inconvenientes para los isleños. La franja de treinta kilómetros de agua salada que separa Dover de Calais ha demostrado ser una muralla militar insuperable durante cerca de mil años. La insularidad no es necesariamente una desventaja, en sí misma, y nadie puede acusar a los ingleses de pobreza de inspiración; pero no hay duda de que una comunidad de isleños propende a engendrar ciertas idiosincrasias que ellos no advierten, por claras que aparezcan para el espectador extraño.

Una de las principales rarezas de la reciente cultura británica es, probablemente, el ataque que, de vez en cuando, dirigen los clasicistas contra la ciencia. Esta animosidad — que acaso no sea unilateral — puede permanecer latente durante algún tiempo, pero, a la manera de una enfermedad endémica, reverdece frecuentemente con más o menos virulencia. Una reciente erupción, bastante aireada en la prensa británica, mostró tan escasa apreciación del espíritu de la ciencia que merece ser examinada y rebatida.

Formulada brevemente, la alegación de los clasicistas consistía en afirmar que la ciencia tiene poco valor educativo, si es que posee alguno, y que la única base sólida de la educación reside en las lenguas y literaturas latina y griega. Algunos clasicistas arguían que el latín y el griego son esenciales para la educación; petición de principio de escasa validez, pero que aparecía generalmente revestida de una frondosa verbosidad.

Uno se pregunta si los clasicistas se percatan de todas las consecuencias de su tesis. Los antiguos astrónomos egipcios inventaron el calendario; Urukagina, Gudea y Hammurabi crearon notables códigos legales; los poetas indios compusieron el Rigveda hacia el año 1000 antes de Cristo; pero todos ellos deben ser considerados como incultos, puesto que ignoraban el latín y el griego. La tesis, mantenida de un modo absoluto, es a todas luces absurda. Podría ser defendida, razonablemente, desde un punto de vista relativo; pero acaso convenga esclarecer, ante todo, por qué ciertos clasicistas británicos adoptan una actitud tan intransigente frente a la ciencia.

Esta intransigencia no tiene raíces demasiado profundas: es principalmente un producto del siglo XIX. Para Newton, la idea de una posible enemistad entre la cultura clásica y la ciencia hubiera carecido de sentido; pero los primeros signos de la inminente disputa surgieron con Joseph Priestley, quien escribió: «Debe recordarse que el gusto por la ciencia, aunque sea placentero y hasta honorable, no es una de las más altas pasiones de nuestra naturaleza; que los placeres que la ciencia proporciona se elevan sólo un grado sobre el placer de los sentidos, y que, por tanto, la sobriedad es un requisito de todas las pesquisas científicas». El sapiente Dr. David Hartley fué más severo. «Nada puede exceder fácilmente — escribió — a la vanagloria, presunción, arrogancia, emulación y envidia que se encuentran entre los eminentes profesores de ciencias . . . Conviene, por tanto, cierta temperancia en estos estudios, tanto para evitar el desarrollo de esas malas pasiones, como para poder cultivar otros aspectos esenciales de nuestra naturaleza».

La Revolución Industrial vino a solidificar estas ideas. La ciencia se enlazó cada vez más con la industria, y aunque la Inglaterra victoriana apreciaba mucho los beneficios materiales, mantuvo siempre una rígida distinción entre industriales y caballeros. Los caballeros educaban a sus hijos en las grandes escuelas públicas, y dicha educación era casi enteramente clásica. La ciencia no empezó a formar parte de los planes de estudios hasta la segunda mitad del siglo XIX, y tardó mucho tiempo en quedar establecida.

Hubo otros factores que contribuyeron, en cierto modo, al desdén por la ciencia; entre ellos, la repugnancia suscitada en los espíritus piadosos por «El Origen de las Especies» y «La Descendencia del Hombre», de Darwin. Muchos ingleses respetables pensaban sinceramente que si la ciencia venía a socavar ciertas creencias fundamentales, debía ser combatida como una plaga, y tal manera de pensar tuvo amplias repercusiones. Había también una curiosa incredulidad respecto a las posibilidades prácticas de la investigación científica.

Sobre este fondo debemos considerar las desdeñosas opiniones de los clasicistas británicos sobre la ciencia. Nadie osará discutir el valor educativo del latín y del griego, puesto que la cultura clásica forma una gran parte de nuestra herencia intelectual: nuestro pensamiento está parcialmente moldeado, todavía, por las normas clásicas de Atenas, y nuestra administración por las de Roma. Sin embargo, el volumen del conocimiento humano

ha crecido enormemente desde que Horacio disfrutó de una plácida vida en su granja sabina, y Aristóteles acompañó a Alejandro en su conquista del mundo. No es posible sostener ya que el siglo XX pueda encontrar en Platón y Sófocles, Ovidio y Virgilio, toda la nutrición mental que necesita. «He hecho de todo el conocimiento mi provincia», escribió Bacon a Lord Burleigh, y ésta debería ser en verdad la máxima de todo el que aspire a ser culto. Los clasicistas que no saben nada de la ciencia están tan imperfectamente educados como los científicos que no saben nada de humanidades; ni unos ni otros deben contentarse con su entusiasmo por una materia particular, pues al hacerlo así pierden el equilibrio y la gracia de la vida. Como dijo acertadamente Arthur James Balfour, «es una desgracia, considerando que el entusiasmo mueve el mundo, que haya tan pocos entusiastas capaces de decir la verdad»; advertencia que puede aplicarse por igual a ciertos científicos, cuando alaban la ciencia, y a algunos clasicistas, cuando hacen la apología de los clásicos.

De hecho, muchos de los hombres de ciencia británicos más eminentes han demostrado un interés y un conocimiento de las humanidades que no está reñido, en modo alguno, con su preparación científica. Por el contrario, el estudio de la ciencia parece haber preparado su mente para el reconocimiento de los valores inherentes en la herencia de Grecia y Roma. ¿Es mucho pedir que nuestros humanistas se inclinen gradualmente a reconocer la existencia de los mismos valores, bajo diferentes aspectos, en el reino de la ciencia? El éxtasis de Keats en la creación poética y la delicadeza íntima de Botticelli son cualidades que pueden compararse con el goce de Faraday en un experimento satisfactorio, o la descripción de la estructura del átomo por Rutherford, o la complacencia que mostró toda su vida Kelvin en el feliz resultado de un buen razonamiento. Hay un famoso pasaje que explica muy bien la esencia de lo que constituye una educación liberal. Dice así:

«El hombre que ha tenido una educación liberal es, a mi juicio, el que ha sido de tal modo preparado desde joven que su cuerpo es el siervo humilde de su voluntad, y hace con facilidad y placer todo el trabajo de que es capaz su mecanismo; su intelecto es una máquina de razonar, fría y clara, con todas sus piezas igualmente vigorosas y en perfecto orden de funcionamiento, dispuesta siempre, como una máquina de vapor, a ser aplicada a cualquier género de trabajo, hilando los filamentos y forjando las anclas de la mente; su espíritu está provisto del conocimiento de las grandes verdades fundamentales de la naturaleza y de las leyes que rigen sus operaciones. Tal hombre no es un árido asceta, sino que está lleno de vida y de fuego; pero tiene sus pasiones dominadas por una fuerte voluntad al servicio de una delicada conciencia, y ha aprendido a amar todas las bellezas de la naturaleza y el arte, a odiar todas las bajezas, y a respetar a los demás como a sí mismo».

«Este es el hombre al que yo considero poseedor de una educación liberal, porque es tan completo como puede serlo un hombre en armonía con la naturaleza. Sacará de ella el mejor partido, lo mismo que ella de él. Irán siempre juntos: ella, como su madre protectora; él, como la conciencia de la naturaleza, su altavoz, su ministro y su intérprete».

¿Pueden ofrecernos los patrocinadores de una educación liberal una definición de la misma mejor que ésa? Pues el autor de tal descripción fué Thomas Henry Huxley, un insigne pensador de la época victoriana de la Gran Bretaña y uno de sus más brillantes científicos.

Deberíamos ser como Bacon, y considerar todo el conocimiento como nuestra provincia, sin exaltar con exceso, ni desdeñar, ninguna de sus ramas. Como científicos, conocemos nuestras lagunas probablemente mejor que nuestros críticos, y muchos hombres de ciencia han deplorado frecuentemente la falta de cultura literaria de los aspirantes al trabajo científico. Podría argüirse que, en esta edad científica, la ignorancia de las letras no es en realidad más deplorable que la ignorancia de la ciencia, pero los críticos del cientificismo mantienen esencialmente una cruzada en pro de valores que consideran inapreciables y que temen desaparezcan gradualmente. Nosotros pensamos que los clasicistas ingleses crean con frecuencia en ultramar una impresión errónea sobre la cultura literaria de la Gran Bretaña y sobre la actitud de los científicos británicos respecto a ella. Pero las explosiones esporádicas de estas censuras mutuas no deben ser tomadas demasiado seriamente: constituyen, simplemente, una rareza británica más.

Algunos resultados en los estudios de las altas presiones

P. W. BRIDGMAN

Descripción de aparatos y métodos para la obtención de presiones hasta 100 000 atmósferas. Métodos de contacto que han producido 400 000 atmósferas. Efectos de la presión sobre las substancias: cambios volumétricos reversibles, cambios fásicos y polimórficos, comportamiento discontinuo del hielo, Bi, Sb y Ga. Curvas de los cambios volumétricos de diversas substancias hasta presiones de 10^5 kg/cm^2.

Voy a describir en este artículo ciertos fenómenos físicos producidos en distintas substancias sometidas a elevadas presiones hidrostáticas. Generalmente, los efectos de la presión sobre las propiedades de los materiales no se consideran muy importantes, lo cual es cierto en las condiciones normales de la vida. Mucha mayor importancia damos a los efectos térmicos, ya que los cambios de temperatura pueden tener consecuencias notables, tales como la transformación del agua líquida ordinaria en hielo sólido o en vapor. Una de las causas de la relativa inimportancia de la presión en la vida cotidiana es que las variaciones que pueden producirse no son muy grandes, desde el punto de vista molecular. Pero cuando se producen presiones muy elevadas, los cambios moleculares resultantes pueden ser tan notables como los causados por la alteración de la temperatura. Por ejemplo: sometida a una alta presión, el agua no sólo puede solidificarse, sino producir también seis o siete clases distintas de hielo, lo que no puede conseguirse con meros cambios de temperatura.

Para que la presión pueda afectar a las moléculas, debe alcanzar valores de miles de atmósferas. Para comprender dicha escala tengamos en cuenta que mil atmósferas (1000 kg/cm^2) representan aproximadamente la presión del océano en sus mayores profundidades, producida por una columna de agua de 9700 m; dos mil atmósferas es aproximadamente la presión en la cámara de explosión de un gran cañón. Es fácil comprender la importancia cósmica de las presiones de tales magnitudes, ya que, a excepción de una fracción de un 1 %, toda la materia terrestre y estelar está sometida a presiones mayores de mil atmósferas.

Al aplicar medidas científicas a presiones de valores semejantes tropezamos con varios problemas tecnológicos. En primer lugar, el de impedir el escape del líquido transmisor de la presión. Dicho problema puede resolverse construyendo el empaque de tal modo que se mantenga automáticamente la presión en su interior, por medio de la presión misma, a un nivel superior en una fracción dada a la presión del líquido. Este principio queda aclarado en la figura 1, que muestra el empaque de un pistón generador de presión. Con dicho empaque el pistón no permite el escape, y todo lo que se necesita para producir cualquier presión deseada es empujar el pistón en el recipiente de presión con la fuerza suficiente.

Claro que «cualquier presión deseada» está sujeta a diversas limitaciones, y en especial a la de la resistencia del recipiente y del pistón. Es lógico suponer que la resistencia del recipiente puede aumentarse hasta un valor deseado ensanchando indefinidamente las paredes del mismo; pero no es así, ya que un recipiente de paredes infinitamente gruesas sólo tiene una resistencia finita. La causa está en que las tensiones se concentran en el interior, y las zonas externas de la pared no contribuyen proporcionalmente a la resistencia. En la práctica, el límite económico para los cilindros pesados de los mejores aceros tratados térmicamente es el de unas 15 000 atmósferas, que puede aumentarse en operaciones breves hasta 20 000. El límite de resistencia puede aumentarse incrustando aros alrededor del recipiente, según el método usado en la construcción de cañones, pero aun entonces el límite alcanzado (según experimentos del Profesor Newitt) es el de unas 30 000 atmósferas. Y mientras el recipiente se aproxima así a su límite, el pistón también alcanza el suyo, que, para los mejores aceros actuales, es asimismo de unas 30 000 atmósferas.

Para alcanzar mayores presiones es necesario un cambio radical en la construcción. En el caso del pistón es suficiente con fabricarlo de Carboloy, que tiene una resistencia a la compresión de más

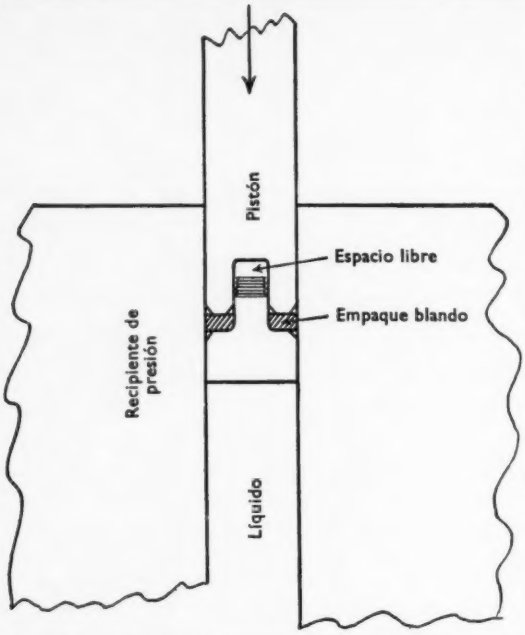


FIGURA 1 – *Aplicación a un pistón del principio que permite mantener automáticamente la presión en el empaque a un valor superior dado con relación a la presión del líquido, suprimiéndose así todo escape de éste.*

del doble de la de los mejores aceros. El Carboloy es un producto de sinterización de pequeñas partículas de carburo de wolframio, con cobalto como elemento de unión. Pero para los recipientes se necesitan métodos más complejos. En todos mis experimentos he procurado dar al recipiente cierto soporte externo que contrarreste el efecto de la presión interna. El método más simple consiste en la construcción del recipiente en forma cónica externamente, y luego ir introduciendo el recipiente todo en una camisa cónica de refuerzo al ir aumentando la presión. La introducción puede producirse de varias maneras; la más simple es utilizar la fuerza misma que empuja al pistón para que empuje también al recipiente dentro de la camisa, método que va ilustrado en la figura 2. También puede forzarse el recipiente dentro de la camisa por medio de una prensa hidráulica independiente, acoplada y ajustada según una razón dada a la prensa productora de la presión interna. La elección de método depende del tamaño del aparato y de otros factores tales como la fricción, que no podemos estudiar aquí. El límite de las presiones obtenidas en laboratorio con aparatos de camisa cónica es de 50 000 atmósferas. A dicho valor surge una nueva limitación: el comienzo de la extrusión del recipiente a través de la camisa de refuerzo, debida al empuje.

Para obtener presiones más elevadas debemos pues reforzar aún más el recipiente, lo cual puede conseguirse si sumergimos a éste en un líquido sometido asimismo a una alta presión hidrostática; de este modo el recipiente queda reforzado completamente en toda su superficie externa y se puede extender el valor de las presiones hasta 100 000 atmósferas. La presión externa de refuerzo necesaria varía entre 25 000 y 30 000 atmósferas.

Las nuevas presiones así obtenidas no serían posibles sin las alteraciones de las propiedades físicas del acero y del Carboloy producidas al someter dichos materiales a una presión de 25 000 atmósferas: el acero presenta mayor ductilidad y resistencia; el Carboloy es también más resistente y menos quebradizo, de modo que los pistones pueden someterse a presiones de 100 000 atmósferas, y aún mayores. También aumenta su resistencia a la tensión, de modo que el recipiente todo puede construirse ahora de dicho material, y ser reforzado exteriormente con una camisa de acero. La figura 3 ofrece un esquema del aparato; se trata en realidad de un recipiente de presión dentro de otro. En teoría se podría aumentar indefinidamente el valor de las presiones obtenidas con este método, por medio de un nido de recipientes en que cada uno contuviese en su interior a otro de presión más elevada, y éste a otro, y así sucesivamente, pero en la práctica no ha sido posible hasta hoy hallar un método de construcción para más de dos recipientes, uno externo y otro interno.

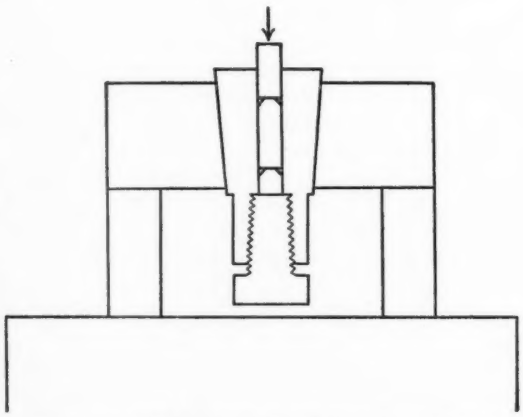


FIGURA 2 – *Método simple de refuerzo externo de un recipiente de presión, en el que se usa el empuje del pistón para embeber el recipiente entero en una camisa cónica de refuerzo.*

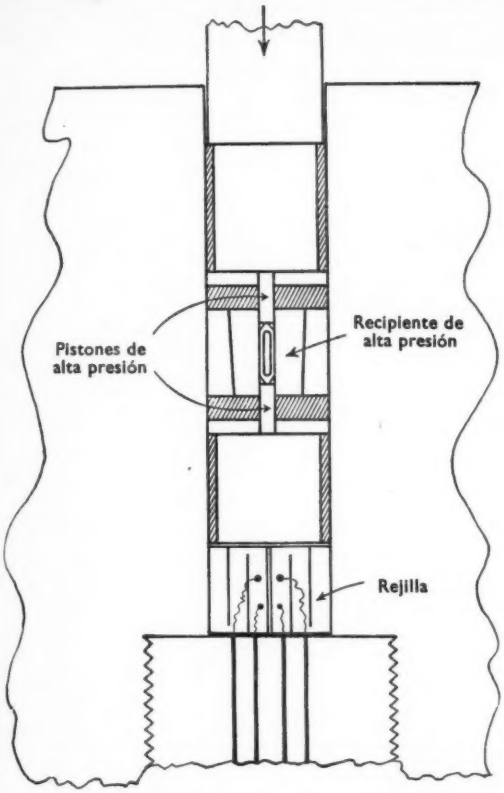


FIGURA 3 – *Diagrama del aparato de obtención de* 100 000 *atmósferas. El cilindro de alta presión está completamente sumergido en un líquido (rayado) también sometido a presión, que refuerza al cilindro anterior. El empuje de los pistones de alta presión está medido por el cambio de resistencia eléctrica en la «rejilla» que recibe el empuje.*

Puede parecer paradójico que a las altas presiones de que ahora tratamos haya desaparecido el primer problema que nos habíamos planteado: el escape del líquido transmisor. La causa está en que a tales presiones ya no existen flúidos; todos los líquidos y gases se solidifican. Todos los elementos gaseosos en su estado natural se solidifican a 50 000 atmósferas, a excepción del helio que, según ciertos datos, queda solidificado a 100 000. A tales valores, las presiones están transmitidas por sólidos blandos y pueden por tanto ser hidrostáticas sólo aproximadamente. Por fortuna, hay sólidos blandos, tales como el estaño y aún mejor el indium, cuya resistencia al cizallamiento es baja, de modo que con ellos la presión deja de ser hidrostática sólo en un reducido tanto por ciento. No es sin embargo fácil hallar un aislador sólido suficientemente maleable a 100 000 atmósferas que sea también un buen transmisor de presiones.

El precio que debemos pagar por cada incremento en el valor de la presión es la disminución del tamaño del aparato, que a su vez limita el tipo de experimento que con él queramos realizar. El recipiente para una presión de 100 000 atmósferas es de un diámetro interior de 1,5 mm y de 4,5 mm de longitud aproximadamente. En él se pueden medir con bastante precisión cambios de volumen, habiéndose determinado los mismos en un gran número de substancias. Aún pueden obtenerse presiones más elevadas, pero en escala ya tan reducida que no ofrecen mucho interés científico. El principio para la obtención de estas super-presiones es el mismo utilizado para las medidas de dureza (Brinell) presionando una bola o un cono de diamante contra el material bajo prueba. Estas super-presiones pueden ser aguantadas en zonas muy reducidas siempre que las zonas circundantes del material estén libres de toda tensión y puedan reforzar la región super-presionada. Según este principio, y utilizando un corto cono de Carboloy que se presiona contra un bloque plano también de Carboloy, montados ambos dentro de una cámara a 30 000 atmósferas para obtener refuerzo adicional de presión hidrostática, se han conseguido presiones de más de 400 000 atmósferas en el punto de contacto del cono. Sin embargo, estas super-presiones no pueden ser de gran utilidad, a no ser como pruebas negativas de supuestas transformaciones que no se producen. En especial, el grafito no se transforma en diamante sometido a tales presiones a temperatura normal, aunque éste sea la forma termodinámicamente estable.

Todas las presiones mencionadas son estáticas. Dinámicamente, con cargas explosivas de formas especiales, se pueden obtener cargas mucho mayores, de hasta varios millones de atmósferas. Este ha de ser, sin duda, el método de obtención de grandes presiones (aparte del uso de bombas atómicas) y ahora estamos sólo al principio de dichas investigaciones. Las dificultades son inmensas, igual que los gastos, y el progreso ha de ser lento. El problema de la medida de las presiones y temperaturas alcanzadas con dichos métodos es en sí formidable, y hasta ahora el único medio práctico parece ser la extrapolación de resultados obtenidos con presiones inferiores por procedimientos estáticos. De modo que los experimentos señalados más arriba con estos métodos estáticos han de tener todavía durante algún tiempo bastante utilidad.

Tratados los diversos métodos de obtención de

las altas presiones, podemos pasar al estudio de sus efectos. El más simple, aunque no el de más sencilla medida, es la contracción de volumen que sufren todas las substancias bajo presión. Característica permanente de los cambios volumétricos producidos por la presión hidrostática es su reversibilidad: cuando la presión cesa, el volumen recobra su valor primitivo. En otras palabras: no existe un límite elástico, o punto de fractura. Lo cual se distingue notablemente del resultado de la aplicación de fuerzas poderosas (diferentes de la presión hidrostática) que causan cambios de forma. Las excepciones más evidentes pueden explicarse por la presencia de fallas en el material; otras son debidas a una fase de estabilidad termodinámica producida por la presión, mayor que la originaria. En este caso la nueva fase creada no muestra cambio permanente al aplicarse y relajarse de nuevo la presión. La explicación de la impermanencia de los cambios volumétricos presionales debe buscarse en la constitución atómica de la materia. El volumen específico de una substancia depende sólo de la naturaleza de los átomos (o moléculas) que la componen; dejando a un lado los isótopos, sólo hay un tipo de átomo de hierro, que permanece idéntico a sí mismo antes y después de la compresión. Lo cual parece sugerir que si se pudiesen aplicar presiones suficientemente elevadas que cambiasen los átomos mismos podrían esperarse entonces cambios volumétricos permanentes; esto es sin duda lo que sucede bajo las presiones alcanzadas en las estrellas. Ordinariamente, sin embargo, la presión no causa transmutaciones atómicas y existe, por lo tanto, perfecta elasticidad volumétrica.

Dentro de los límites de las presiones terrestres, en que las moléculas permanecen inalteradas, debemos considerar al menos tres distintos efectos. El primero afecta al estado gaseoso, en el cual la compresibilidad es muy elevada y el volumen está aproximadamente en proporción inversa a la presión. El proceso es cinético, y la presión es el resultado de las colisiones moleculares contra las paredes del recipiente. Si reducimos el volumen a la mitad, la presión se eleva al doble ya que hay aproximadamente un número doble de colisiones por unidad de superficie de las paredes. Dicho efecto no tiene persistencia progresiva porque finalmente las moléculas comienzan a estorbarse unas a otras al hallarse demasiado juntas. Entonces se produce un nuevo efecto: la creciente presión acerca las moléculas hasta que no quedan espacios intermoleculares y aquéllas se encuentran en contacto efectivo. Esto es lo que ocurre en la compresión de líquidos en condiciones normales, o en la compresión de gases bajo presiones que aproximan su densidad a la de los líquidos. Dicho efecto se caracteriza por la disminución de la compresibilidad al decrecer el volumen, ya que si bien al principio los espacios vacíos pueden reducirse con cierta facilidad, cuando las moléculas están casi en contacto completo, esa reducción espacial se dificulta grandemente. Ahora comienza el tercer efecto, la deformación de las moléculas mismas después de hallarse en contacto efectivo. Este es el efecto típico de la compresión de los sólidos. En los primeros tiempos de la teoría atómica se pensaba que un átomo era una porción rígida de materia, con lo que un sólido debiera resultar incomprimible. Los experimentos han mostrado que no es así; y la moderna concepción del átomo lo considera como un sistema de núcleo y electrones, como una zona de espacio vacío influída por un intenso campo de fuerza, haciendo posible un amplio margen de compresibilidad del átomo bajo presión. Según dicha doctrina, los átomos de estructura electrónica más compleja debieran ofrecer un mayor margen de compresibilidad. Por ejemplo: en la región en que comienza la interferencia intermolecular y las leyes de los gases ideales pierden su validez, el nitrógeno pierde su compresibilidad mucho más rápidamente que el helio, debido a que las moléculas de aquél son mayores y se ponen en contacto más pronto. Sin embargo, a presiones más elevadas, cuando los vacíos intermoleculares han quedado casi suprimidos, el nitrógeno resulta más comprimible que el helio, ya que su molécula es mayor y más compleja que la de éste, y posee por tanto la posibilidad de comprimirse más.

Naturalmente, debe entenderse que no existe una línea divisoria definida entre esos tres procesos, por medio de los cuales una substancia responde a una presión externa disminuyendo de volumen; en cualquier momento dado, los tres mecanismos funcionan simultáneamente. Es su relativa importancia lo que se modifica con el aumento de la presión. Ya se ha indicado que a presiones aún mayores los átomos mismos comienzan a desintegrarse. Como resultado de su compleja estructura, un átomo puede desintegrarse de muy diversos modos, y es muy posible que dicho proceso sea bastante distinto y mucho menos catastrófico e irreversible de lo que normalmente se entiende por desintegración: puede ser quizás una mera reorganización de los electrones dentro de sus órbitas, que muy bien puede ser reversible. A presiones más elevadas que las obtenidas en el

laboratorio (quizás de varios millones de atmósferas) pueden suponerse toda clase de transformaciones presionales atómicas. Experimentalmente se conocen dos casos de reordenación interna debida, al parecer, a la presión. El elemento caesio, el más comprimible de todos los metales, sufre un cambio rápido de volumen a 45 000 atmósferas del 17 % del volumen primitivo, sin que pueda explicarse según la estructura reticular normal del metal, ya que por debajo de las 45 000 atmósferas la red tiene un orden cúbico, cerrado y centrado a las caras. Parecería como si la presión no pudiese estrechar más un orden que es de por sí ya estrecho, y la explicación puede encontrarse en una reordenación de las órbitas electrónicas producida por la presión. Los detalles de dicha alteración han sido sugeridos por Sternheimer en un reciente trabajo en el que muestra que una transición electrónica de una zona 6*s* a otra 5*d* explica exactamente todos los fenómenos observados. El cerio metálico es, sin duda, un caso semejante, pues muestra un abrupto cambio de volumen a 17 000 atmósferas, de orden idéntico al del caesio. Por medio de ingeniosos experimentos realizados en la Universidad de Chicago se ha comprobado que en el cerio, el orden reticular continúa siendo centrado a las caras y muy cerrado, presumiéndose por tanto que debe de haber un cambio electrónico interno, aunque no se han establecido todavía los detalles teóricos.

En la figura 4 aparecen los cambios volumétricos de algunos elementos sólidos ordinarios en función de la presión hasta el límite de 100 000 atmósferas. Existen grandes variaciones de comprimibilidad; el elemento más comprimible del diagrama es el caesio que, a 100 000 atmósferas queda comprimido al 37 % de su volumen inicial; el menos comprimible es probablemente el carbono en forma de diamante que, bajo idéntica presión, conserva el 98,2 % de su volumen inicial. El diagrama muestra que la disminución de volumen de la mayoría de las substancias se halla muy lejos de estar relacionada con la presión; las curvas son muy marcadas, probando que la comprimibilidad disminuye con el aumento de la presión. El mismo efecto se notaba en los líquidos, pero en una escala distinta y mucho más amplia. Ello debe indicar que dentro del átomo debe de haber cierta interferencia mutua entre las órbitas electrónicas, análoga a la interferencia entre los átomos o entre las moléculas que se da en los líquidos. La necesidad de la no-linealidad en la relación entre presión y volumen es manifiesta, ya que de otro modo el volumen acabaría por ser negativo a presiones suficientemente elevadas. Puede así calcularse que si la comprimibilidad continuase con su razón inicial, el metal tendría un volumen 0 a la presión de sólo 14 000 atmósferas.

Aunque toda curva de presión-volumen debe converger hacia el eje de presión, puede darse una curvatura opuesta sobre una zona considerable de los valores de presión. No existe razón mecánica o termodinámica para que la comprimibilidad no aumente, en ciertas circunstancias, con el aumento de la presión. Se conocen varios ejemplos, el más notable es quizás el del cristal de cuarzo, cuya comprimibilidad aumenta a lo largo de una amplia zona de presiones. Esto no puede continuar indefinidamente, debiendo, más temprano o más tarde, producirse el efecto opuesto. Experimentalmente se ha probado que dicha reversión se produce a 35 000 atmósferas, cuando el volumen es aún muy superior a 0 (exactamente: 89,3 % del valor inicial). Por encima de 35 000 atmósferas, la comprimibilidad decrece normalmente al irse aumentando la presión, y la anormalidad indicada cesa tan abruptamente a 35 000 atmósferas que se produce un pico en la curva de presión-volumen: es como si existiese un mecanismo especial que alterase repentinamente dicho efecto; dicho mecanismo quizás consista en el hecho de que las cavidades lenticulares de la estructura quedan aplanadas a 35 000 atmósferas.

Las curvas de presión-volumen de la figura 4 contienen varios ejemplos de discontinuidades, debidas a transiciones de diversos tipos. Se trata en la mayoría de los casos de transiciones polimórficas ordinarias resultantes de un cambio en la red cristalina, de lo que sólo tenemos suposiciones indirectas, aunque en algunos casos se puede dar una prueba directa. Uno de los métodos es el análisis radiográfico de la nueva fase bajo presión; otro consiste en la observación de la transición a la presión atmosférica mediante cambios apropiados de temperatura, estableciendo luego la naturaleza de dicha transición mediante un procedimiento conveniente que no se halle sujeto a las limitaciones de las medidas a altas presiones.

En la figura se observará que en ciertos casos una substancia puede tener más de una discontinuidad. Uno de los más interesantes es el del bismuto que a la presión atmosférica es anormal de diversos modos: en especial, se trata de una de las pocas substancias que, como el agua, se expande al congelarse. Las leyes termodinámicas exigen que las substancias de este tipo tengan un más bajo punto de fusión al ser sometidas a presión, efecto

éste que se descubrió muy pronto en el agua, siendo la concordancia entre el cálculo teórico del punto de fusión del agua bajo presión y los resultados experimentales uno de los primeros triunfos de la entonces joven ciencia termodinámica. Mucho más tarde, yo descubrí que el punto de fusión del bismuto queda también rebajado al aplicarse presión, como era de esperar. Pero ¿qué se puede esperar del curso posterior de la curva de solidificación del agua si elevamos la presión indefinidamente? Se ha hallado experimentalmente que, al principio, el aumento de la presión acentúa dicho efecto, ya que a altas presiones el aumento anormal de volumen al helarse el agua se hace mayor y por tanto el punto de fusión desciende de manera acelerada. Como es de esperar, esto no continúa indefinidamente. Tammann fué el primero en descubrir la solución a este dilema: a — 22° y 2200 atmósferas, el hielo ordinario se convierte en un nuevo tipo de hielo, produciéndose al mismo tiempo una disminución volumétrica grande, tan grande que el nuevo sólido tiene un volumen menor que el líquido de donde proviene. Lo cual significa que el punto de fusión del nuevo tipo de hielo asciende al aumentar la presión. No es esto sólo, sino que al ir aumentando la presión, este nuevo hielo se hace inestable y se transforma en otros tipos sucesivos de volumen siempre menor y creciente punto de fusión. En todo, se han descubierto hasta ahora siete tipos de hielo, el último de los cuales puede calentarse hasta la temperatura de fusión de la soldadura sin ser fundido, siempre que se le aplique una presión de 45 000 atmósferas.

Por analogía se suponía que sucede lo mismo con el bismuto, formándose nuevos tipos al elevarse la presión, y elevándose también el punto de fusión del nuevo bismuto. Las investigaciones en busca de dicha substancia hipotética no dieron resultado positivo durante mucho tiempo, pero finalmente se halló la nueva variante a presiones más altas que las que se habían supuesto, esto es: a 25 000 atmósferas, valor más de diez veces mayor que el de la presión que produce la transición análoga en el hielo. Existen luego otras transiciones del bismuto a presiones más elevadas, como en el hielo. La figura 4 muestra las transiciones a 45 000, 65 000 y 90 000 atmósferas, en adición a la ya mencionada. En realidad, ésta a 25 000 es doble, pues se trata de dos transiciones a una distancia de 1000 entre sí, que no ha sido pertinente separar en el diagrama. Así que, en todo, existen cinco transiciones conocidas en el bismuto, o sea: seis modificaciones polimórficas del sólido.

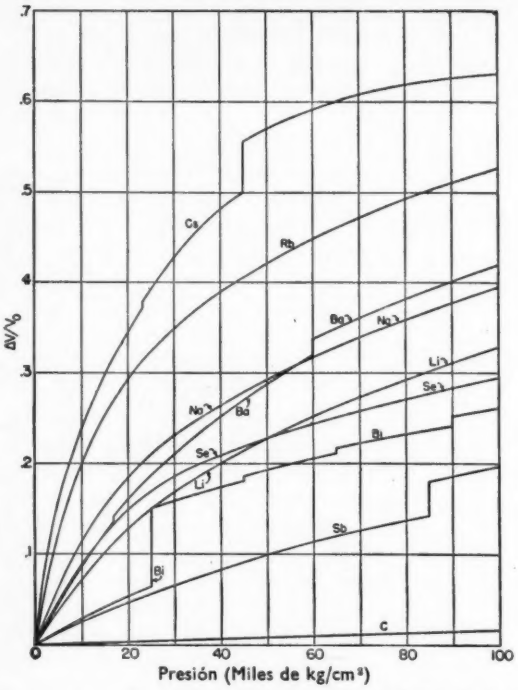


FIGURA 4 – *Curvas del cambio de volumen relativo de cierto número de substancias, en función de presiones de hasta* 100 000 *kg/cm²* (*atmósferas métricas*).

Dichas cifras son idénticas a las de las modificaciones estables conocidas del hielo, de modo que ambas substancias parecen tener un comportamiento paralelo.

Otros dos elementos tienen también esta característica de dilatarse al solidificarse: el antimonio y el galio: Nos plantean el mismo problema: si se les somete a presiones, ¿presentarán otras modificaciones y ofrecerá la curva del punto de fusión un ascenso en vez de una caída? El antimonio es una substancia parecida al bismuto, hallándose relacionado químicamente con él y cristalizando segun idéntico sistema. La figura 4 muestra también que presenta una transición bajo presión, pero a un valor tres veces mayor que el del bismuto, 85 000 atmósferas en vez de 25 000. Puede resultar, por tanto, que ambos sean análogos en su comportamiento polimórfico, pero hasta que podamos obtener mayores presiones experimentales no se podrá probar dicho aserto. Además, el punto de fusión del antimonio es mucho más elevado que el del bismuto, de modo que no ha sido posible hallar experimentalmente si el punto de fusión del nuevo antimonio resulta más elevado bajo presión.

El segundo elemento anormal, el galio, también se comporta de manera semejante, pero en este caso la escala de presiones es menor, por fortuna. A 12 000 atmósferas aparece un nuevo galio, con un más alto punto de fusión. Se asemeja también al agua en que presenta una nueva modificación a alta presión, totalmente inestable termodinámicamente con respecto a las demás modificaciones; en el agua, a presiones sobre 4000 atmósferas y a temperaturas bajo 0° existe también una forma de hielo totalmente inestable.

Si consideramos pues estas tres substancias: agua, bismuto y galio, parecería que el aumento de presión acaba por negativar las formas anormales ordinarias, que se convierten en normales, por lo menos en lo que se refiere al aumento de la temperatura de fusión bajo crecientes presiones.

La figura 4 muestra otro caso de polimorfismo causado por la presión: el bario, que posee dos transiciones y tres modificaciones. En realidad, el polimorfismo es un fenómeno muy común en las investigaciones de altas presiones; entre los varios centenares de substancias examinadas por mí, un tercio aproximadamente muestran transiciones polimórficas. Los diagramas fásicos de la mayoría de dichas substancias pueden servir para indicar cómo influye la temperatura sobre el valor de las presiones a que se producen las transiciones. El estudio de dichos diagramas indica que muchas de las modificaciones ocurridas bajo presión son totalmente nuevas, ya que no se producen a ninguna temperatura bajo la presión atmosférica. Es más, parece que el fenómeno no tiende a desaparecer al aumentar la escala de presiones; estadísticamente, la probabilidad de que la presión produzca la modificación de una substancia desconocida es proporcional a la presión misma. Es obvio el significado de este principio en Geofísica: significa la probabilidad de que las substancias de la corteza terrestre ocurran en ella en formas diferentes a las que tienen bajo presión atmosférica y con propiedades físicas, por tanto, distintas a las que les son conocidas. Lo cual quiere decir que es aventurado predecir la composición de la corteza terrestre de acuerdo a datos acerca de sus propiedades tales como los que nos suministra por ejemplo la velocidad de propagación de las perturbaciones sísmicas. Sólo un conocimiento detallado puede disipar las dudas que acompañan a toda inferencia de este tipo. Un método sería la preparación experimental de condiciones de temperatura y presión semejantes a las de la corteza, y la determinación de las propiedades reales de las substancias bajo dichas condiciones. Otro, consistiría en el suficiente progreso de los conocimientos teóricos sobre las transiciones polimórficas, de modo que pudiesemos calcular las probabilidades de transición de cualquier substancia dada, y las características de la misma. De momento aún nos hallamos muy lejos de ello, habiendo habido únicamente dos ocasiones en las que se ha predicho teóricamente una transición polimórfica, y aun en aquellos casos en que se conoce su existencia, rara vez se pueden calcular con éxito sus propiedades. El motivo de esto es que el cálculo de las condiciones necesarias para una transformación polimórfica es una materia muy delicada, que depende de las diferencias mínimas entre energías de muy gran valor.

Las transiciones estudiadas hasta aquí se caracterizan por su reversibilidad termodinámica; al suspenderse la presión, la substancia revierte a su condición originaria, a menos que quede casualmente influída, a temperaturas relativamente bajas, por la viscosidad interna. En adición a estas transformaciones reversibles existen algunos ejemplos de transiciones presionales esencialmente irreversibles. En ellas la substancia se convierte en una nueva forma que se conserva permanentemente y es termodinámicamente estable al suspenderse la presión. La transformación del fósforo amarillo en fósforo negro mediante la aplicación de una presión de 12 000 atmósferas a 200° es caso conocido desde hace ya mucho tiempo. La misma transición puede provocarse a la temperatura ambiente bajo presiones de 30 000 a 40 000 atmósferas. A presiones aún más elevadas — 60 000 atmósferas aproximadamente — el fósforo rojo o violeta, más estables, se pueden transformar en la misma variedad negra. Otro ejemplo es el del sulfuro de carbono, substancia ordinariamente líquida y muy volátil: a 175° y 40 000 atmósferas se transforma lentamente en un sólido negro permanente, más denso que los elementos que lo constituyen.

La naturaleza de estas transiciones irreversibles es aún menos conocida que la de las transiciones polimórficas reversibles, sin que tenga yo noticias de que se haya ofrecido hasta ahora explicación teórica de ninguna de ellas. Hasta tanto que tengamos una teoría general de todos estos fenómenos, podemos siempre sospechar que cualquier substancia puede convertirse, mediante la aplicación de suficiente presión, en una forma enteramente desconocida, con propiedades extrañas y, quizás, deseables. Estas posibles transformaciones de la materia ofrecen nuevos panoramas a nuestra imaginación y fantasía.

El Jardín Botánico de Oxford

T. G. B. OSBORN

Historia de los jardines fundados por Lord Danby en 1621. Descripción ilustrada del plan originario y el actual, y de ciertos ejemplares notables.

El Jardín Botánico de Oxford fué fundado por Henry, Lord Danvers, más tarde Earl de Danby. «Llevado del afán de convertirse en un bienhechor de la Universidad, creyó que su dinero no podía tener mejor empleo que en la fundación de un Jardín de plantas de medicina». En el Siglo XVI se habían establecido muchos jardines de esta índole en Europa, pero en aquellos tiempos no existía todavía ninguno en las Islas Británicas. Es por consiguiente el Jardín de Oxford el más antiguo de Inglaterra, y su interés histórico sube de punto si se tiene en cuenta que se halla emplazado todavía en el sitio original, encerrado tras las mismas paredes, con puertas magníficas, levantadas gracias a la munificencia de su fundador. El lugar por él escogido fué una parcela de terreno al lado del río, como de dos hectáreas de extensión, opuesta al Magdalen College, en las afueras de la Puerta Oriental de la ciudad. El lugar había servido de cementerio a los judíos de Oxford hasta su expulsión en 1290, pasando a ser propiedad de Magdalen College al tiempo de la fundación del mismo en 1458.

En la tarde del día de San Jaime (25 de Julio) de 1621 tuvo lugar la ceremonia de apertura con los discursos correspondientes y colocación de la primera piedra. Después empezó el verdadero trabajo de la formación del jardín. La magnífica muralla de sillería tardó más de diez años en terminarse; la puerta principal edificada por Nicolás Stone lleva la fecha de 1632. Tan importante como el vallado del jardín, debió de ser el trabajo de levantar el nivel del suelo para ponerlo al abrigo de las inundaciones del río Cherwell que forma su lindero de levante. Aun hoy día, en tiempo de inundaciones excepcionales, pueden irrumpir aguazales dentro de las murallas, al paso que porciones de las zonas exteriores quedan sumergidas en medio metro o más de agua.

El jardín amurallado es rectangular, con paredes laterales de 121 y 106 m de largo, encerrando una superficie de una hectárea y media. Su primera distribución, como lo muestra el plan de Loggan (1675), indica que estaba subdividido interiormente en cuarteles bordeados por setos, dentro de los cuales se dispusieron los macizos de flores en dibujos geométricos (figura 9). Por el primer catálogo, publicado en 1648, sabemos que se cultivaban más de 1600 diferentes clases de plantas, de las que 600 eran británicas y canadienses, pero gran número de las otras eran meramente variedades o anomalías. No obstante, llegar a reunir una colección tan vasta en el reducido espacio de diez años representa un trabajo enorme.

Parece ser que Lord Danby se propuso que su fundación proveyera para un profesor y un jardinero. Este arreglo no se llevó a feliz remate en el curso de su vida: murió en 1644 dejando una pequeña fundación para el mantenimiento del jardín, y habiendo nombrado antes en 1641 jardinero a Jacobo Bobart (Padre). Las cláusulas del nombramiento son por demás interesantes. Se extendió en favor de Bobart y sus herederos por noventa y nueve años con un sueldo de 40 Libras esterlinas por el trabajo y gastos, amén de los beneficios de todos los productos agrícolas. Esta última cláusula resultó ser la más importante, por lo mismo que el sueldo no se pagó durante los turbulentos períodos de la República de Cromwell y de la Restauración. Se encuentra en los archivos de la Universidad una petición firmada, pero sin fecha, por el hijo de Bobart, de nombre también Jacobo, dirigida al Rector reclamando el salario y diciendo a renglón seguido: «no deja de ser una triste consideración volver los ojos atrás y pensar (y ciertamente como en una gran Maravilla) que éste será el único Jardín Público que hasta ahora se haya bastado a sí mismo». Hace referencia Bobart a la indignidad de tener que hacer «lucir el mercado de Carfax con los despojos del Jardín».

El primer invernáculo, de tipo de naranjal, se edificó adosado a la pared que da a la Calle Mayor, como lo muestra el plan de Loggan. Debió de haber sido muy inadecuado, y a principios del siglo XVIII se erigió (figura 8) la hilera de invernáculos que se ven en un grabado de 1773. Se hace referencia de ellos, como ya edificados, en una carta al Dr. Richardson de fecha 11 de Julio de 1734. Los dos invernáculos de tipo de naranjal existen todavía. Uno de ellos sin haber variado de

FIGUR
La pla
los dos
parte d

FIGURA 1 – *Hilera oeste de edificios que dan cara al jardín, basados sobre uno de los dos invernáculos erigidos en* 1730. *En la actualidad son los principales laboratorios del Departamento de Botánica. En la izquierda está uno de los arriates que contiene Labiadas. El árbol de la izquierda es un ciprés de marisma* (Taxodium distichum).

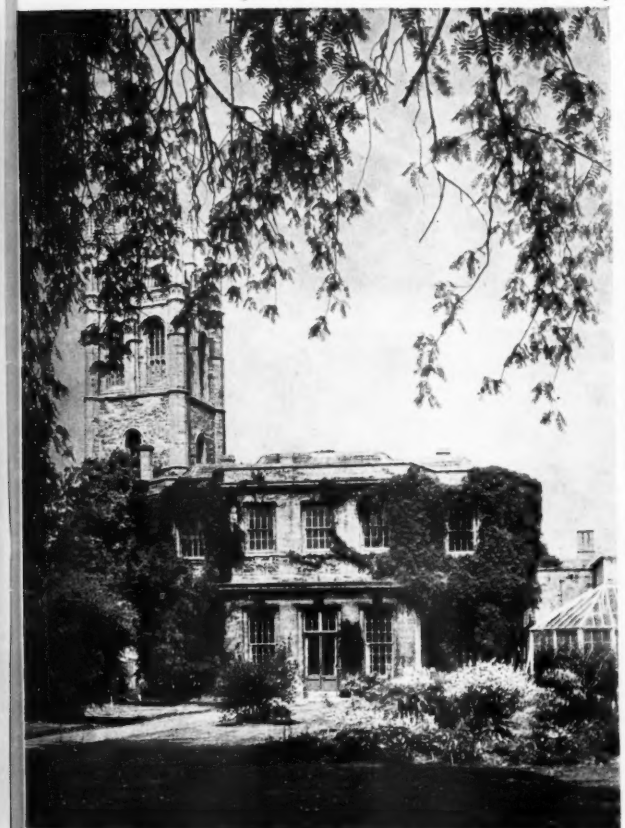


FIGURA 2 – *Hilera este de edificios, con Magdalen Tower detrás. La planta baja de este edificio (actualmente Biblioteca) es el segundo de los dos invernáculos erigidos en* 1730. *El follaje de primer término es parte del* Sorbus domestica.

FIGURA 3 – *Porción del invernadero de lirios de agua tropicales. En último término hay plantas (de izquierda a derecha) de loto* (Nelumbium speciosum), *papiro* (Cyperus papyrus) *y caña de azúcar* (Saccharum officinarum).

FIGURA 4 – *Vista exterior del jardín amurallado mirando hacia Christ Church y Merton College. A media distancia, a la izquierda, se ve parte del nuevo jardín de arbustos. Al frente está la colección de iris híbridos.*

FIGURA 5 – *Porción del pantano en el jardín de arbustos. Detrás a la izquierda hay algunas plantas de la colección de rosáceas y cotonedsteras.*

FIGURA 6 – *La muralla sudeste desde fuera del jardín; se ven los iris híbridos y, más allá del sendero, un arriate mixto herbáceo.*

FIGURA 7 – *Vista de la porción oeste del jardín amurallado mostrando los arriates rectangulares. El gran* Ginkgo biloba *se ve en el centro izquierda. Fuera, a la derecha, se ve parte de los nuevos edificios del Merton College con el Christ Church más lejos.*

FIGURA 8 – *Hilera de invernáculos que flanquean la Danby Gate, tomada de una ilustración de 1773. La gran fila de edificios detrás de la Danby Gate son la casa y la biblioteca del profesor. El invernáculo en la extrema derecha es la actual biblioteca (figura 2).*

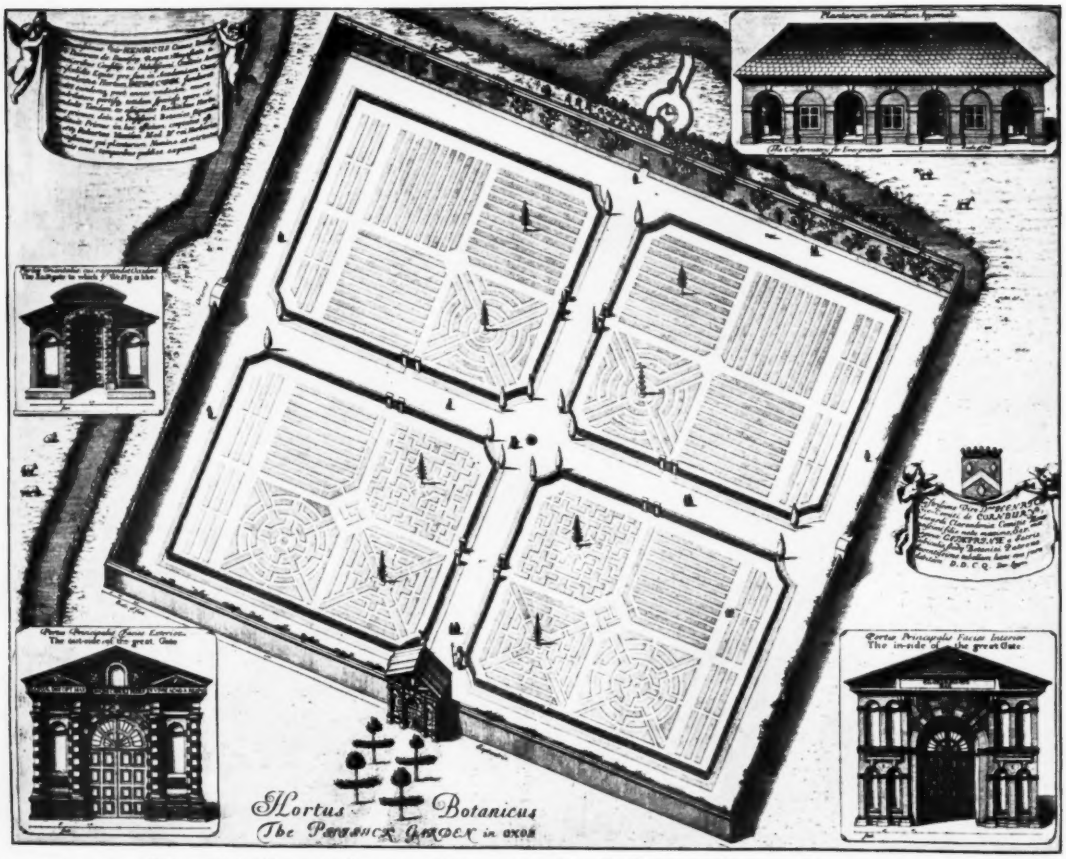


FIGURA 9 – *Plano del jardín según Loggan, 1675, mostrando la distribución de los cuarteles separados por setos. En las esquinas del plano hay elevaciones de las entradas y (arriba a la derecha) el Conservatorio.*

aspecto, es la Biblioteca (figura 2); el otro se ha incorporado en los laboratorios (figura 1).

Entre los manuscritos de la Biblioteca hay parte de un cuaderno de apuntes, probablemente de puño y letra de Humphrey Sibthorp, el segundo profesor Sherardiano, quien nos da el catálogo de las plantas cultivadas en el jardín, evidentemente dividido entonces todavía en cuarteles. La última anotación, que nos sirve de paso para fechar el librito, es una nota que habla de un ejemplar de vid de Virginia plantado en 1770. No hay pruebas de que en la actualidad sobreviva ninguna de aquellas plantas, pero interesa hacer hincapié en que algunas de las trepadoras catalogadas en esta antigua lista tienen su contrapartida moderna creciendo en los mismos lugares, siendo digna de mención la madreselva (*Lonicera*) que crece en la cara norte de la muralla meridional.

Antes de terminarse el siglo XVIII hubo un cambio completo en la distribución, desapareciendo los antiguos cuarteles. Plantáronse almácigas, con agrupamiento geográfico de los árboles, a ambos lados de la avenida principal orientada de norte a sur y en las paredes de levante y poniente. Cabe en lo posible que sobrevivan aún algunos de esos árboles: por cierto hay actualmente una interesante agrupación de árboles británicos, europeos, norteamericanos y asiáticos en los bordes de dichos caminos. El espacio entre los liños se cubrió con largos macizos rectangulares en los que se dispusieron las plantas de acuerdo con el sistema de Linneo. Durante el período victoriano se los reemplazó por otros redondos o curvos distribuídos sobre los céspedes, pero el sistema se continuó en la mayor parte del área. Adoptóse finalmente en 1886 la presente distribución con las hileras de planteles de especies herbáceas agrupadas en familias según los sistemas naturales de Bentham y Hooker. La regularidad de estos planteles, aparte de las ventajas para los estudiantes de Botánica, no desdice de la simetría de un jardín cercado (figura 7). La agrupación sistemática se rompe en frente de los edificios (figura 1) y de las murallas, en donde hay una mezcla de herbáceas perennes respaldadas por arbustos y plantas trepadoras, distribuídas teniendo en cuenta su necesidad de protección o de luz solar directa. Se dejó, no obstante, un número suficiente de árboles y arbustos para romper la monotonía de lo que, de otro modo, hubiera sido un espacio llano.

Entre los árboles del jardín descuella como más digno de mención el enorme ejemplar de *Sophora japonica*, plantado allá por el año 1817, y cuyo tronco mide ahora casi 6 m de circunferencia. Extraordinario es también un espécimen magnífico de serbal (*Sorbus domestica*) descendiente, según la tradición, del famoso ejemplar de Wyre Forest, llevado al jardín por John Sibthorp (profesor desde 1784 a 1796). Se trata ciertamente de un árbol viejo, de casi 2,50 m de circunferencia en su tronco, y a juzgar por el lugar que ocupa en relación con los senderos, debió de plantarse mucho antes de la distribución presente. Sus hojas, que toman un color rojo brillante en otoño, se las ve en primer término en la figura 2. El Ginkgo que mide hasta 2,75 m de circunferencia, es también un árbol corpulento en las Islas Británicas. Es muy probable que este árbol date de las plantaciones del siglo XVIII; se encuentra en la sección asiática, y Daubeny al referirse a él en su guía de 1853 lo coloca entre los árboles más antiguos.

La moderna hilera de invernáculos data del siglo pasado, pero recientemente se renovaron sus estructuras. Se encuentran al otro lado del jardín amurallado con orientación sudeste, dando cara al río Cherwell. En conjunto hay nueve edificios, siete de los cuales están abiertos al público. Se mantiene en ellos una selección representativa de plantas, pero las construcciones son demasiado pequeñas para albergar una exhibición espectacular de gran especialización. La colección de plantas carnosas es buena, pero ya no es posible, como se hizo en 1876, proclamar su supremacía sobre las demás en la Gran Bretaña. Notabilísimo entre las colecciones es el tanque para lirios de agua tropicales. Originariamente construído para el cultivo de la *Victoria regia*, pronto se abandonó su cultivo para reemplazarlo por una colección mixta de plantas acuáticas de invernadero. El tanque está orillado por un gran pantano en el que, entre otras cosas, hay grandes grupos de papiros, y caña de azúcar, descendientes de plantas que se cultivaron en este lugar en el siglo pasado (figura 3).

En los últimos cinco años el jardín se ha extendido hacia el sur, con lo que ha sido posible el desarrollo de un jardín de arbustos. El nuevo terreno permite el cultivo de un mayor número de plantas que pueden agruparse en géneros afines, al mismo tiempo que las plantas individuales disponen de más espacio para extenderse y de este modo florecer más desembarazadamente. La colección de *Berberis*, si bien pequeña por necesidad, se ha seleccionado con gran cuidado con la ayuda del Rdo. Dr. Ahrendt que es una autoridad en la materia. Se está procediendo a la formación de una colección de rosas, preservándose un gran número de ellas que han dejado de cultivarse por

haber pasado de moda. Por desgracia la naturaleza calcárea del suelo malogra los intentos de cultivar numerosos y populares géneros de hermosas plantas refractarias a los terrenos calizos.

El jardín rocoso, aunque pequeño, contiene un número sorprendente de especies. Si bien está en pleno apogeo en los primeros meses del año, es muy raro que no tenga algún objeto de interés para el estudiante o el entusiasta de los jardines rocosos; con todo, se tropieza aquí también con el inconveniente de que las plantas calcífugas deben excluirse.

El cultivo en grande escala de especies populares con toda la gama de sus variedades hortícolas no es posible ni deseable en un pequeño jardín científico. Hay que hacer una excepción en favor de los iris y de las rosas. Como puede verse en las figuras 4 y 6, los iris presentan una magnífica exuberancia desde Mayo hasta principios de Junio, y van seguidos por las rosas en lo que resta de verano. En los últimos años ha sido norma de los curadores del jardín cultivar grupos de las rosas más recientes para que los visitantes puedan juzgar su comportamiento bajo la influencia de las condiciones locales.

Cabe suponer que durante su larga historia, muchos nombres famosos en Botánica y Horticultura estarían asociados con las actividades del jardín. El primer *Horti Custos*, Jacobo Bobart, fué un carácter típico bien conocido en Oxford en su tiempo. Fué famoso por sus trabajos botánicos ornamentales, principalmente por dos gigantes hechos de tejos recortados que, erigidos dentro de la Puerta de Danby a ambos lados de la avenida principal, parecían ser los guardianes de los tesoros que más allá se encontraban. Su situación está indicada en el plano de Loggan (figura 9).

El hijo de Bobart, también Jacobo, era jardinero cuando Robert Morison, nombrado por Carlos II en 1669 primer profesor de Botánica de Oxford, falleció en 1683. Morison había emprendido la grande obra de su *Plantarum Historiae Universalis Oxoniensis*, de la que tan sólo había visto la luz el segundo volumen al tiempo de su muerte. Bobart completó el Volumen III con el material dejado por Morison, pero el Volumen I no se escribió nunca. Bobart es mencionado varias veces en los trabajos de John Ray y es memorable a causa de ciertas observaciones que hizo sobre la posible existencia de la reproducción sexual en las plantas, no reconocida todavía. De haber publicado por aquellos días estas observaciones tal vez hubiera dado un buen paso para anticiparse a los trabajos de Camararius (1694). Desempeñó el cargo hasta 1719, año de su jubilación, al cumplir los 79 años, falleciendo poco tiempo después.

William Sherard, cuyo interés por la Botánica puede deberse en parte a Morison, ya que fué elegido miembro del St. John's College en el año que murió éste, volvió finalmente en 1721 a Inglaterra, después de haber sido cónsul en Esmirna durante muchos años. Reunió un gran herbario y una biblioteca muy interesante, los que ofreció a la Universidad junto con una fundación para la cátedra de Botánica a condición de que ésta por su parte pusiera en orden el jardín, erigiera nuevos invernáculos y proveyera una renta regular para su mantenimiento. Sherard estipuló asimismo que su asistente botánico, J. J. Dillenius, uno de los primeros botánicos de su tiempo, fuese el primer profesor Sherardiano. Murió Sherard en 1728 y las lentas negociaciones entre sus albaceas y la Universidad proporcionan una interesante información sobre el Oxford del siglo XVIII. Por fin Dillenius fué nombrado catedrático en 1734, y la Universidad se comprometió a pagar 150 Libras esterlinas anuales para la conservación del jardín. Las finanzas se pusieron en manos de una junta que redactó un reglamento para guía del profesor y del jardinero. Este último fué nombrado por la junta, que renovaba todos los años el nombramiento, siendo una de las condiciones que el jardinero debía prestar juramento de obediencia al profesor. Los primeros libros de actas demuestran que el trabajo de la junta se reducía a una reunión anual en la que se rendían cuentas y se deliberaba sobre la reelección del jardinero. Según las cuentas de 1734 se ve que se llevaban invertidas casi 2700 Libras en el jardín durante los cuatro años anteriores.

A principios de desempeñar Dillenius la cátedra, Linneo visitó el jardín. Escribiendo Dillenius a Richardson el 25 de Agosto de 1736, añadía la postdata «Ha surgido un nuevo botánico en el norte; fundador de un nuevo método *a staminibus et pistillis*, cuyo nombre es Linneo . . . me temo que su método no sobrevivirá». Esta referencia escrita algunos meses después de su visita, sugiere que el anciano se sentía todavía desfavorablemente dispuesto hacia el joven sueco. Se dice que la brillante diagnosis sobre el pequeño lino bastardo de hojas de yedra (*Linaria cymbalaria*) que todavía crece libremente en la muralla del jardín, fué lo primero que llevó la convicción a Dillenius de que su visitante podía hacer algo más que «sembrar la confusión en la Botánica». Lo cierto es que Linneo pudo volver a Holanda con muchas plantas y esquejes solicitados por su protector

Cliffort, quien no había podido obtenerlos del Jardín de plantas medicinales de Chelsea. Las cartas de Dillenius confirman que él mismo envió paquetes de semillas a Linneo y que en una ocasión le remitió 140 de una vez. Sucedió a Dillenius el Dr. Humphrey Sibthorp del que se cuenta que dió una sola y mala conferencia en el transcurso de los 37 años de su profesorado. Las actas del jardín registran una serie de nombramientos de jardineros, notable tan sólo el nombre de G. D. Ehret, el celebrado pintor de flores. Su nombramiento data del mes de Noviembre de 1750. Su sueldo anual era de 50 Libras, pero debía procurar la mano de obra necesaria. Reelegido al siguiente año, declaróse nula su elección por haber él rehusado prestar juramento de obediencia al profesor. Sin duda alguna, tenía él realmente «más energías y arrestos que el profesor», pero la junta no pudo hacer otra cosa que destituirle.

A través de la última mitad del siglo XVIII y bien entrado el XIX, las obligaciones de la cátedra y los asuntos del jardín marcharon íntimamente enlazados. Es muy probable que la distribución del jardín y la introducción del sistema de Linneo tuvieron lugar durante el profesorado del joven (John) Sibthorp (1784–96). Gran parte de este tiempo lo invirtió en sus viajes por Grecia recogiendo materiales para su obra cumbre *Flora Graeca*. Es difícil imaginarse hasta donde hubiera llegado su influencia en el jardín de haber vivido más. Como fundador de la cátedra Sibthorpiana de Economía rural es probable que hubiera prestado tanta atención al desarrollo del jardín como al trabajo experimental. En dicha contingencia, después de 1790, no hubo reunión de la junta durante 22 años. A Sibthorp sucedióle como profesor George Williams, quien combinó sus deberes de médico con las obligaciones de profesor Sherardiano. Aunque era hombre de mucha erudición no parece que fuera tanta su experiencia práctica de las plantas. Como dijo Sir James Smith, fundador de la Sociedad Linneana, «la Botánica en Oxford estaba dormida». Heraldo de los cambios que se aproximaban fué el nombramiento de jardinero en 1813 en favor de William Baxter con un sueldo de 50 Libras anuales, iniciándose de este modo su relación con el jardín, que debía durar 58 años. Al principio Baxter pudo hacer muy poco en el jardín por falta de dinero y de apoyo. Los invernáculos contaban casi 80 años de existencia y se caían a pedazos; su sistema de calefacción era primitivo. Un brasero con carbones encendidos era paseado en un carrito dentro de los invernaderos en tiempo frío. La amenaza de inundaciones era grave. Baxter formó una extensa colección de sauces y dedicó mucha atención a las plantas sin flores. Cuando la habilidad horticultural de Baxter se vió ayudada por el estímulo y entusiasmo del profesor Daubeny, tuvo lugar el segundo renacimiento del jardín, de tal modo que a mitad de siglo se le consideró como el más notable de la Gran Bretaña.

C. G. B. Daubeny se educó en Winchester y en el Magdalen College del que llegó a ser miembro en 1815, pasando más tarde a Edimburgo para estudiar Medicina, y volviendo de nuevo a Oxford en 1822 como profesor Aldrichiano de Química. Se le conocía mejor por sus trabajos sobre vulcanismo; pero por haber publicado escritos sobre asuntos de botánica, como la nutrición mineral de las plantas, su irritabilidad y sus metamórfosis, fué elegido profesor Sherardiano en Febrero de 1834 a la muerte de Williams. Cuenta la leyenda que en la misma noche de su elección se le vió en el jardín en compañía de Baxter planeando nuevos arreglos a la luz de una linterna. Daubeny solicitó ayuda pecuniaria de sus amigos y del Colegio contribuyendo él mismo muy espléndidamente y empezó enseguida la reforma. Una de sus primeras providencias fué la erección de invernáculos más modernos. Edificó también una residencia para el profesor, en parte constituída por un piso levantado sobre un invernadero antiguo (figura 2). En 1840 se le nombró profesor Sibthorpiano de Economía rural, de modo que durante algún tiempo fué titular simultáneamente de tres cátedras en Oxford.

En tiempo de Daubeny no existía el estudio de la Botánica con clases organizadas e instrucción de laboratorio. Ello empezó en Oxford en tiempos de su sucesor, desarrollándose un departamento científico en sentido moderno. Cuando, hace unos 80 años, la Universidad edificó sus laboratorios científicos en los Parques, existía el proyecto de deshacer el antiguo jardín y transferir todos los intereses botánicos de la Universidad a los Parques, en donde hubiera sido posible un nuevo y más amplio jardín botánico. Se debatió acaloradamente la sugerencia y a la postre se abandonó el proyecto. Aun cuando dentro de poco el Departamento de Botánica será transferido a nuevos laboratorios en el área científica, es de esperar que el antiguo jardín continuará por largo tiempo sirviendo a la universidad y al Estado dentro de las murallas que su fundador edificó hace casi trescientos treinta años.

El fósforo radiactivo y el intercambio de nutrientes lacustres

F. R. HAYES y C. C. COFFIN

Estudio de la aplicación de fertilizantes fosfatados a tres lagos; en dos de ellos se sembraron 100 milicuries de P^{32}, analizándose luego el agua del lago y los organismos acuáticos. En el tercer experimento se utilizaron 1000 milicuries de P^{32} en un lago primitivo de poca vegetación. Rápida desaparición de la actividad e inmediata absorción por el plankton, esponjas, etc. Posibilidad de un proceso de intercambio. La distribución iónica se da en razones de 10 a 100 veces mayores que las previstas.

INTRODUCCION

Cuando se estudia el mejoramiento de los terrenos agrícolas mediante la adición de abonos, los elementos que hay que considerar previamente son el nitrógeno, el potasio y el fósforo. Era natural, por tanto, que al tratar de aumentar la fertilidad de las aguas se hubiese de atender también a tales substancias. Sin embargo, ciertos datos parecen indicar que el fósforo por sí solo puede estimular la producción lacustre tan efectivamente como pueda hacerlo un fertilizador mixto [7]. Lo cual puede deberse a la presencia del potasio en suficientes cantidades, y a que la producción nitrogénica queda estimulada por la presencia del fósforo [3].

En general, los experimentos sobre el abono fosfórico de los lagos han mostrado que la substancia abonante desaparece rápida y casi totalmente del agua [8, 9]. Al usar un fertilizante fosfatado ordinario se han añadido cantidades bastante elevadas: de 10 a 100 veces la concentración previa en el agua, que es del orden de $25 \cdot 10^{-9}$, con 9/10 de la misma de origen orgánico. La misma rapidez de desaparición se observa aun cuando la cantidad de fósforo añadido es sólo un 1 o 2% de la cifra ya en disolución, según experimentos realizados con fósforo radiactivo. El proceso de dicha desaparición merece sin duda atención y estudio.

EL CICLO FOSFORO-HIERRO

Será quizás interesante mencionar aquí algunas conclusiones relacionadas con el proceso de intercambio de nutrientes [3, 6]. Un lago puede tener en la primavera una saturación de oxígeno en el agua, y una capa de lodo oxigenado de 1 cm en el fondo. En dicha capa oxigenada habrá fosfato férrico insoluble, mientras que en las capas de lodo más hondas habrá fosfato ferroso soluble. La capa oxigenada forma así una barrera que impide que el fósforo llegue hasta el agua. Al irse acercando el otoño, las aguas profundas del lago, más frías y calmas, van perdiendo la saturación oxigénica, reduciéndose el hierro en la interfaz agua-lodo y transformándose el compuesto férrico en su correspondiente ferroso que, al ser soluble, permite la ascensión de los iones de fosfato y hierro hasta la zona termoclinal donde de nuevo la mayor concentración oxigénica los oxidiza y precipita. Hay una condición que quizás permita la penetración de los fosfatos hasta las capas superficiales: la presencia de ácido sulfhídrico en el lodo que, formado bajo ciertas condiciones anaeróbicas, precipita el hierro y permite al fosfato llegar hasta las capas de la superficie del lago. Estos datos, obtenidos antes del uso de los trazadores radiactivos, habían de ampliarse con la utilización de éstos para darnos una más completa idea del movimiento del fósforo en las aguas lacustres y del ciclo de nutrientes en general.

CONSIDERACIONES PRACTICAS

Hay ciertos lagos que son geológicamente primitivos y relativamente infértiles; se hallan por lo general en áreas graníticas y cuarzíticas. Otros son de carácter ácido y pantanoso, rodeados de *sphagnum* y en zonas yermas. Un tercer tipo lo forman los lagos de pradera, con márgenes de juncos, que se encuentran por lo general en las zonas agrícolas. Los experimentos con los trazadores radiactivos han de limitarse, con toda probabilidad, a los dos primeros tipos, ya que el peligro que supone el uso de tales substancias no permite su utilización en aguas próximas a una comunidad agrícola.

Otros factores que influyen en el tipo de lago y el elemento que queramos estudiar son la velocidad de la pérdida de radiactividad del isótopo y la

FIGURA 1 – *Auto-radiografía de una rana sacada de un lago al que se había añadido P^{32} cuarenta días antes. Es evidente la concentración del trazador en el esqueleto. Exposición de 15 días sobre una placa radiográfica dental.*

facilidad de adquisición de éste. Así, es más fácil conseguir permiso de la autoridad que controla el uso de dichas substancias para la utilización de cantidades relativamente grandes de P^{32} (cuya media-vida es de unos 15 días) que de C^{14} (media-vida = 5000 años).

PRUEBAS EXPERIMENTALES

El primer experimento realizado con P^{32} en un lago lo llevaron a cabo Hutchinson y Bowen [5] quienes mezclaron a las aguas de un lago estratificado de 6 hectáreas en Connecticut, E.U., 10 milicuries de dicho isótopo. Los resultados mostraron la presencia de éste en el epilimnion, infiriéndose la penetración hasta el hipolimnion. También se evidenció una concentración 1000 veces mayor a la normal en los tejidos de las plantas marginales, tales como *Potamogeton*, dentro de la primera semana.

En nuestros experimentos lacustres hemos realizado tres adiciones de fósforo radiactivo. En el primer experimento utilizamos 100 milicuries de P^{32} en un lago ácido-pantanoso muy estratificado, de menos de media hectárea y con una profundidad máxima de 7 m [1]. Se sacaron de tiempo en tiempo especímenes de organismos acuáticos para su análisis, comenzando dos horas después de la adición del P^{32}. Se produjo una rápida e inmediata absorción del mismo en el zooplankton, esponjas, *sphagnum*, y algas, sugiriendo que dichos organismos pueden absorber directamente el fósforo inorgánico. Las plantas de raíz tales como *Vaccinium oxycoccos* y *Cassandra calycullata* no dieron muestras significativas de actividad hasta pasadas dos semanas de la iniciación del experimento. Los peces, como *Fundulus* (de los que se soltaron 4000 en el lago antes del experimento) y *Notemigonus*, no indicaron actividad mensurable hasta después de varios días. Ello parece indicar que estas formas asimilan el fósforo indirectamente al alimentarse con el plankton. La distribución de la actividad a través de los organismos fué estudiada por medio de auto-radiografías, como la de la figura 1 que es una auto-fotografía de una rana. La sistemática toma de muestras del agua de la laguna señaló la rápida disminución de la actividad total presente, habiendo desaparecido al cabo de un mes el 90% de la misma. En ningún momento se pudo probar que el fósforo sembrado había llegado a las aguas más profundas, aunque se observó una cierta penetración de la línea termoclinal.

En el segundo experimento, realizado en 1949

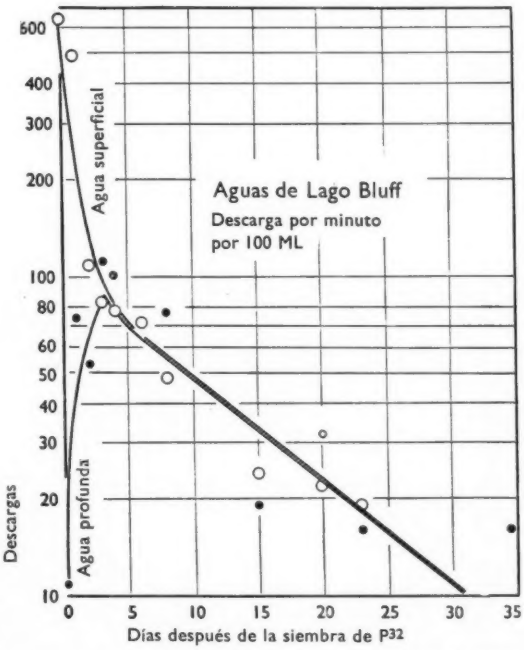


FIGURA 2 – *Concentración de fósforo radiactivo en la superficie y en las profundidades de un lago en el que se produjo una mezcla total. El tiempo está medido a partir de la deposición del P^{32} en la superficie. La ordenada es logarítmica.*

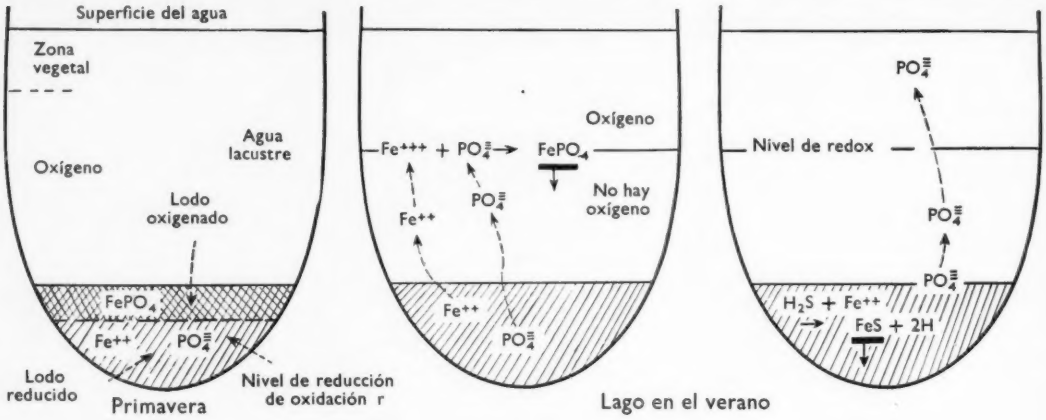


FIGURA 3 – *Intercambio entre el lodo y el agua lacustres en la primavera y el verano.*

y cuyos detalles están aún por publicar, se sembraron 100 milicuries de P^{32} a un metro de altura respecto al fondo del mismo lago. El material radiactivo iba dentro de una botella llena de agua, que se hizo explotar con una cápsula de dinamita luego de haberse equilibrado la temperatura entre el agua dentro y fuera de la botella. Las muestras se continuaron tomando durante un período de tres meses, hallándose que el fosfato radiactivo se desplazaba muy despacio por la capa de agua fría del fondo del lago; la velocidad máxima en dirección lateral fué aproximadamente de 1,50 m por hora. El desplazamiento en el hipolimnion era laminar; y así, en dos meses el material sembrado se había desplazado 49 m en una dirección horizontal hasta la margen, pero no se movió en concentración mensurable verticalmente hacia la superficie más de 3,50 m.

Por nuestro primer experimento sabíamos ya que ciertas plantas tienen la facultad de concentrar el fósforo en cantidades 40 000 veces mayores que la del agua que las rodea. Por consiguiente, se recogieron especímenes biológicos de las aguas superficiales y se analizaron para detectar la presencia de P^{32}, hallándose que los recogidos en lugares donde el agua no daba señales de la presencia del fósforo radiactivo mostraban sin embargo la presencia de éste en sus tejidos. La posible explicación es que dichas formas extraían el fósforo de un volumen de agua mucho mayor que el que podíamos nosotros analizar. La concentración del fósforo radiactivo en el lodo del fondo alcanzó valores muy elevados, llevándonos a la conclusión de que el material sembrado se había concentrado en su mayor parte en dicho lodo.

Para el experimento final se utilizó un lago de unas 3 hectáreas y 7,50 m de profundidad, de un tipo totalmente distinto al anterior. Es un lago primitivo, con poca vegetación y ningún *sphagnum* y con aguas tan mezcladas de la superficie al fondo que en ningún punto se pueden observar gradientes térmicos u oxigénicos. Se sembraron superficialmente 1000 milicuries de P^{32}, realizándose análisis en los intervalos indicados en la figura 2, en la que se observa que las aguas de la superficie y del fondo alcanzaron igualdad de concentración en muy pocos días, produciéndose después una constante disminución. Se observará que la figura 2 ha sido trazada en una escala semi-logarítmica, sugiriendo que la desaparición de P^{32} es más rápida al principio. Característica notable del experimento, que confirma observaciones previas, fué la rapidísima desaparición de la radiactividad; lo cual es difícil de comprender ya que el incremento de fósforo sólo alcanzaba al 0,25 %, planteándonos el problema de por qué el material sembrado resulta extraído selectivamente. La posible solución es que no se trata de una extracción propiamente dicha sino de un fenómeno de intercambio en el que se produce un rápido equilibrio entre el lodo, plantas, etc. por un lado, y el agua por el otro. Por ejemplo: si el lodo y las formas vivas contienen 1000 veces más fósforo que el agua, y si el proceso de equilibrio entre ellos fuese rápido, todo el material sembrado quedaría muy pronto distribuído en la proporción de 1000 partes en el lodo y una en el agua. Si entonces analizásemos el agua solamente pensaríamos que se había producido una rápida desaparición del material. La inclinación de la línea de la figura 2

indica que un 7 % del P^{32} resultaba extraído cada día, lo que significa una reversión completa del fósforo del agua cada quince días. Como es natural, un átomo puede ser cambiado varias veces, y otro ninguna.

Para mejor comprender la necesidad de distinguir entre la extracción de iones y su simple intercambio, conviene considerar el siguiente ejemplo. Supongamos que la mayoría del dinero existente en una ciudad se halla en un momento dado en sus bancos, y que se diseminasen sin sistema ninguno por la ciudad una cierta cantidad de billetes marcados. Al cabo de algunos días hallaríamos que el movimiento mercantil normal atraería hacia los bancos la mayoría de los billetes marcados; lo cual no significaría que los bancos estaban recogiendo dichos billetes de la circulación, ni que la proporción entre el dinero en los bancos y fuera de ellos habia cambiado, sino que sería simplemente prueba de que los bancos se hallaban en activa operación, que es lo que se trata de probar en este caso.

CONCLUSION

Los experimentos del tipo descrito nos conducen a dos conclusiones: la primera, que los movimientos iónicos se producen a una velocidad de diez a cien veces mayor de lo que antes se había previsto; la segunda, que la deposición y extracción del material iónico no se produce separadamente, sino más bien en la forma de un intercambio. Parece probable que la aplicación de los trazadores a las investigaciones limnológicas aporte otras pruebas a dichas hipótesis.

Con sumo placer reconocemos la ayuda que en nuestros trabajos hemos recibido del Departamento de Industria y Comercio de Nueva Escocia, el Consejo Nacional de Investigaciones del Canadá, y la Fundación para Investigaciones de Nueva Escocia.

NOTA SOBRE EL FOSFORO 32

El fósforo 32 tiene una media-vida de 14,3 días. Emite sólo rayos beta de una energía máxima de 1,7 MeV. Dichos rayos son bastante energéticos y fácilmente mensurables.

Puede obtenerse por acción de neutrones sobre el fósforo ordinario de peso atómico 31, en cuyo caso la actividad específica o actividad por gramo de la substancia final queda limitada, debido a que el producto y el material-blanco son idénticos químicamente. Se acostumbra a bombardear el fósforo rojo en la pila atómica y a disolver el material irradiado en ácido nítrico bastante fuerte, obteniéndose ácido ortofosfórico con fósforo 32 a una actividad específica de unos 10 milicuries por gramo.

Si se necesita una mayor actividad específica, hay que obtenerlo mediante el proceso (n, p) sobre el azufre 32. En dicho proceso, el azufre elemental sufre irradiación en la pila y algunos átomos del azufre 32 absorben un neutrón, emitiendo un protón y convirtiéndose en fósforo 32. Como el núcleo del producto difiere quimicamente del núcleo del blanco, es posible extraer el fósforo 32 del azufre sin que haya presente una gran cantidad de fósforo inactivo. Lo cual se consigue comunmente derritiendo el azufre y haciendo la extracción con ácido nítrico, bien concentrado si se usa a la presión atmosférica, o diluído si a presiones más elevadas. El fósforo aparece en la fase acuosa como ácido ortofosfórico, pudiendo separársele de las demás substancias y ser preparado a una actividad específica muy elevada. El fósforo 32 destinado al uso de trazador experimental está casi siempre preparado por el segundo de dichos procedimientos.

BIBLIOGRAFIA

[1] COFFIN, C. C., HAYES, F. R., JODREY, L. H., y WHITEWAY, S. G. *Nature*, **163**, 963, 1949.
[2] *Idem. Canad. J. Res.*, D., **27**, 207, 1949.
[3] EINSELE, W. *Arch. Hydrobiol. Plankt.*, **29**, 664, 1936.
[4] *Idem. Z. Fisch.*, **39**, 407, 1941.
[5] HUTCHINSON, G. E., y BOWEN, V. T. *Proc. Nat. Acad. Sci. Wash.*, **33**, 148, 1947.
[6] MORTIMER, C. H. *J. Ecol.*, **29**, 280, 1941; **30**, 147, 1942.
[7] NEESS, J. C. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **76**, 335, 1946.
[8] ORR, A. P. *Proc. Roy. Soc. Edinb.*, B, **63**, 3, 1947.
[9] SMITH, M. W. *Trans. Amer. Fish. Soc.*, **75**, 165, 1945

El Museo de Ciencia de Londres

F. SHERWOOD TAYLOR

Historia del desarrollo del Museo de Ciencia británico. Descripción de sus secciones de Física, Química, Fotografía, Transporte terrestre y Navegación, Minería, Ingeniería eléctrica, Aeronáutica, Fuerza motriz, Astronomía, Geofísica y Matemáticas. Extensiones futuras. Estudio de la finalidad del Museo. Su Biblioteca y sus servicios de información.

El Museo de Ciencia de Londres, que es el museo nacional de la ciencia y de la industria, nació como resultado de la Gran Exposición de 1851. Los proyectos del Príncipe Consorte para fomentar la educación industrial y la creciente influencia de la ciencia y del arte sobre el progreso de la industria condujeron, en 1853, a la formación del Departamento de Ciencia y Arte, destinado, entre otras funciones, a crear un museo de ciencia y arte. Unas colecciones ilustrativas de estos temas, establecidas ya en Marlborough House, fueron trasladadas (1856) a un gran edificio de hierro ondulado, sito en el lugar que ocupa hoy el Museo de Victoria y Alberto. Dicho edificio fué inaugurado en 1857 como Museo de South Kensington. Esta casa resultó pronto angosta, por lo que se erigieron nuevos edificios en el mismo sitio, trasladándose más tarde las colecciones científicas a otros locales situados en el lugar y en los alrededores del presente Museo de Ciencia. Las colecciones científicas aumentaron considerablemente, debido en especial a la transferencia del Museo de Patentes en 1883. Pero el acontecimiento más importante de la historia del Museo de Ciencia fué la separación de las colecciones de arte, en 1909, para formar el Museo de Victoria y Alberto, constituyéndose entonces, como institución independiente, para las colecciones científicas, el Museo de Ciencia. Las galerías aprovechables eran inadecuadas e insuficientes, por lo que se formó un comité, en 1910, bajo la dirección de Sir Hugh Bell, para estudiar la organización, los fines y las necesidades del Museo de Ciencia. Como resultado de sus recomendaciones, se inició la construcción de una serie de edificios, que aun hoy están incompletos.

Los fines del Museo son ilustrar y explicar las varias ramas de la ciencia y sus aplicaciones a las artes y a las industrias, y proporcionar un albergue digno y adecuado para la preservación de los objetos que ocupan un lugar de honor en el progreso de la ciencia y en la historia de los inventos. La medicina y la biología (excepto en sus sectores relacionados con la técnica agrícola), así como la geología, han quedado excluídas de la esfera del Museo de Ciencia, por estar representadas en otros museos nacionales; pero todas las demás ciencias, puras y aplicadas, se albergan en éste. Una de las funciones del Museo de Ciencia consiste en suministrar información sobre sus temas, y la biblioteca científica, instalada en uno de sus departamentos, es una de las más notables de Gran Bretaña.

El Museo de Ciencia es el más concurrido de todos los museos británicos. Acuden a él, tanto animados grupos de muchachos de ambos sexos, como historiadores de la ciencia y expertos de la ingeniería; hecho que plantea difíciles problemas respecto a la manera de exponer los objetos. La principal misión del Museo consiste en ilustrar al gran público, más bien que a los expertos, lo que requiere grandes esfuerzos para esclarecer los principios fundamentales de las materias científicas del modo más sencillo posible, especialmente por medio de modelos de guía, que tienen una gran fascinación para los jóvenes aspirantes a la ciencia y a la ingeniería. Esta preocupación primordial por el gran público hace que el Museo se resista a formar «colecciones completas» de sus diversas secciones.

Las colecciones, aparte de los libros, están divididas en siete departamentos: física, química y fotografía, transporte por tierra y por agua, minería e ingeniería eléctrica, aeronáutica y navegación, fuerza motriz e industrias, astronomía y geofísica.

El actual departamento de física abarca las más conocidas ramas de esta ciencia — calor, sonido, óptica, electricidad y magnetismo — al lado de los últimos avances de la física electrónica y la física atómica. Comprende también la medida del tiempo, ciencia basada en leyes físicas, así como dos curiosas colecciones históricas: la colección de S.M. el Rey Jorge III y la colección Rayleigh. La

primera consiste en una colección de espléndidos aparatos científicos, reunidos bajo el patronato de aquel monarca y usados para la educación de los niños de la familia real; la pequeña colección Rayleigh se compone de aparatos de confección casera, utilizados por el tercer Lord Rayleigh, y en los que se revela la variedad de su ingenio.

Las secciones referentes a las ramas de la física clásica están integradas, principalmente, por series históricas de objetos, que muestran el desenvolvimiento de los diversos instrumentos empleados en aquellas ramas de la física. La colección de microscopios es muy completa, y acaso sea la más representativa de las existentes. El ejemplo más notable es, tal vez, el microscopio de Hooke, hecho por Christopher Cock (fig. 1), que perteneció en un tiempo a la colección de Jorge III. En estas secciones hay determinados objetos explicativos, y se proyecta aumentar en lo futuro el número de muestras que sirven para ilustrar los fenómenos físicos, ya que éstas, además de ser educativas por sí mismas, ayudan a realzar el interés de las colecciones de instrumentos más estáticos.

Las secciones de física electrónica y física atómica hacen todo lo posible por mantenerse al compás del rapidísimo desenvolvimiento de estas materias. La sección de medidas del tiempo comprende desde los relojes de agua y de sol del antiguo Egipto hasta los relojes de cristal de cuarzo de nuestros días.

Las colecciones de química se organizaron en fecha posterior a las de física, y sólo ahora, con la construcción de nuevas galerías, podemos contemplar una exposición de química industrial digna del tema.

La sección de química pura comprende muchos objetos famosos, tales como muestras originales de bencina de Faraday (1825); metal y compuestos de talio de Crookes (1862); rodio y paladio de Wollaston (1803–4), y el aparato y los tubos espectrales utilizados por Ramsay y sus colaboradores para la investigación de los gases raros de la atmósfera (1895–8). A las secciones actuales de química inorgánica y orgánica se añadirán en breve colecciones ilustrativas de la estructura molecular, bioquímica y química analítica.

Las principales ramas de la química industrial han sido ilustradas hasta ahora con series de modelos históricos; un ejemplo típico es la planta de nitroglicerina, mostrada en la figura 4.

Son dignos de mención los modelos completos de una instalación primitiva de una cámara de ácido sulfúrico y de una fábrica de sosa de Leblanc. El primer tipo de retorta usado por James Young, en 1851, para destilar aceite de la torbanita puede compararse con una plataforma de retortas de aceite de esquistos de «Pumpherston». La manufactura de explosivos y los procesos de fermentación están bien representados; figurando también en estas colecciones algunas muestras primitivas de seda artificial y de materias de tinte. Sin embargo, los grandes avances de la industria química británica no están aún reflejados allí, y se proyecta destacar, como una de las notas de la nueva expansión del museo, una exposición moderna y atractiva de los principios, métodos y productos de esta rama de la industria.

La metalurgia aparece ilustrada con modelos de tipos antiguos y modernos de hornos para la extracción de metales, e instalaciones usadas para los procesos de refinamiento. La colección comprende muestras de aparatos de ensayos, y modelos atómicos, ilustrativos de la estructura de metales y aleaciones.

La organización de la fotografía y del cinematógrafo, como colecciones independientes, data de 1929. Hacia la misma fecha, la Royal Photographic Society permitió que se exhibieran en el Museo de Ciencia los objetos históricos más valiosos de su colección. La exposición resultante es, tal vez, la mejor de su género en todo el mundo. En la sección cinematográfica figuran muchos de los primeros inventos. Comenzando con los primeros instrumentos mecánicos que precedieron al cinema propiamente dicho, la colección contiene cámaras y proyectores construídos antes y después de la producción de la primera película de celuloide en 1889.

El departamento de astronomía y geofísica ilustra el tema del universo astronómico, incluyendo un estudio de los océanos y la atmósfera de la Tierra, y de las propiedades y medidas de la Tierra misma, como uno de los planetas del sistema solar. La materia contenida en este departamento es aproximadamente la abarcada en el siglo XVIII bajo el nombre de cosmografía. Se divide en secciones de astronomía, geofísica, geodesia, topografía, magnetismo terrestre, geografía, oceanografía, meteorología y matemáticas.

La sección matemática muestra el desenvolvimiento histórico de la máquina de calcular, y también de los instrumentos de dibujo y modelos geométricos. Se conservan allí las máquinas de calcular originales de Babbage. En la galería astronómica hay telescopios históricos hechos por Sir William Herschel, Lord Rosse y otros, así como sextantes, planetarios, globos, astrolabios y numerosas fotografías celestes transparentes. Hay

modelos que representan la escala del universo. Cuando el edificio central quede terminado, se espera poder incluir un planetario y un observatorio con un telescopio de reflexión de un metro, para uso de los visitantes. La sección de geofísica muestra los instrumentos y métodos empleados para la busca de petróleo y minerales, así como sismógrafos en acción para registrar terremotos. La colección de topografía y fotogrametría contiene una buena representación de los instrumentos reales utilizados en la primera triangulación principal de las Islas Británicas. Se proyecta desenvolver la sección en la parte dedicada a la topografía aérea, e introducir más modelos cartográficos para esclarecer la técnica de la confección de mapas. Aparece ilustrado el desenvolvimiento histórico de todos los tipos de instrumentos usados en las observaciones meteorológicas; se exhiben las cartas utilizadas para la predicción del tiempo, y una colección de fotografías transparentes muestra los tipos más importantes de nubes y otros fenómenos atmosféricos. Se está preparando una nueva sección que muestre la historia primitiva y los métodos modernos de la navegación, tanto aérea como marítima.

Las colecciones de ingeniería ocupan la mayor parte del Museo, y constituyen su más alto motivo de orgullo. El visitante, al entrar en el Museo, contempla ante todo el East Hall (fig. 2), donde se exponen los progresos de la fuerza motriz. Se ven allí ejemplos de fuerza humana, energía hidráulica, molinos de viento; motores y turbinas de vapor; motores y turbinas de gas y de aceite pesado. Son especialmente impresionantes las grandes máquinas de vapor del siglo XVIII. Otros monumentos de ingeniería histórica son: una máquina de vapor original de Trevithick (1803); la primera turbina de vapor y generador de alta velocidad de Parsons (1884), y el primer motor Diesel hecho en Gran Bretaña (1897).

La colección de herramientas manuales y mecánicas presenta, en el limitado espacio disponible, muestras de utensilios prehistóricos de piedra, seguidas de simples herramientas manuales como el hacha, el martillo, el cincel y la barrena. Se exhiben algunas de las herramientas mecánicas primitivas, como el torno de arco, el torno de varal, el original del torno de filetear de Maudslay, la primitiva cepilladora para metales de Roberts, el modelo original del primer martinete de vapor de Nasmyth, y una serie de máquinas diseñadas por Brunel para la producción en masa de aparejos navales.

La colección de máquinas textiles comienza, naturalmente, con la preparación de las materias primas: lana, algodón, lino, seda y rayón. El desenvolvimiento de las hilaturas y tejidos se manifiesta con la presentación de hiladoras manuales de ruedas; algunas máquinas originales de las usadas por Arkwright, y reproducciones de las hiladoras mecánicas de Hargreaves y de Crompton. Un bastidor de anillo de hilar puede ponerse en operación para mostrar la técnica del hilado moderno.

En la colección de pesas y medidas, se muestra la evolución de los modelos en amplios grupos, desde el año 5000 antes de Cristo hasta el siglo XX. Destacan por su especial interés algunas pesas y medidas antiguas, egipcias y musulmanas, de la colección Petrie; los históricos patrones, primarios y secundarios, del Erario inglés, desde Enrique VII hasta la Reina Victoria, con reproducciones de los patrones modernos de la yarda y la libra, una colección de pesas de bronce inglesas para lana, que muestra la importancia económica de esta mercancía en el comercio de Inglaterra durante más de 300 años, y los patrones lineales de la Royal Society, desde 1742 en adelante, que ilustran el comienzo de las medidas científicas en Gran Bretaña.

Un departamento importante del Museo es el dedicado al transporte de todas clases. La sección de transporte por carretera comprende muchos objetos de interés universal, incluyendo sillas de Sedán, y muchos tipos de vehículos de tracción sanguínea, de los siglos XVIII y XIX. El desenvolvimiento de la bicicleta se extiende desde el modelo primitivo de 1818 (*hobby-horse*) hasta los tipos más modernos. Los automóviles comienzan con un Benz de tres ruedas, de 1888, que aún marcha. La colección de motocicletas incluye una máquina de Wolfmüller, de 1884, y una interesante máquina de Werner, de 1899 (fig. 3).

La colección de ferrocarriles contiene algunas de las más famosas locomotoras primitivas, tales como *Puffing Billy*, construída en 1813, los restos del *Rocket* y del *Sans Pareil*, y partes de la *Novelty*, las tres máquinas que compitieron en el famoso Concurso Rainhill, en 1829, y la primera locomotora eléctrica del ferrocarril subterráneo de Londres, construída en 1890. El desenvolvimiento de la locomotora de vapor se muestra en una serie de modelos a escala, desde una copia hipotética de la máquina Penydarran de Trevithick, de 1804, hasta las máquinas usadas actualmente por los ferrocarriles británicos, incluyéndose también algunos tipos de máquinas extranjeras. Hay también modelos de vagones de ferrocarril, rutas

FIGUR
Christo
colecció

FIGURA 1 – *Microscopio de Hooke, construído por Christopher Cock. Formó parte originalmente de la colección de S.M. el Rey Jorge* III.

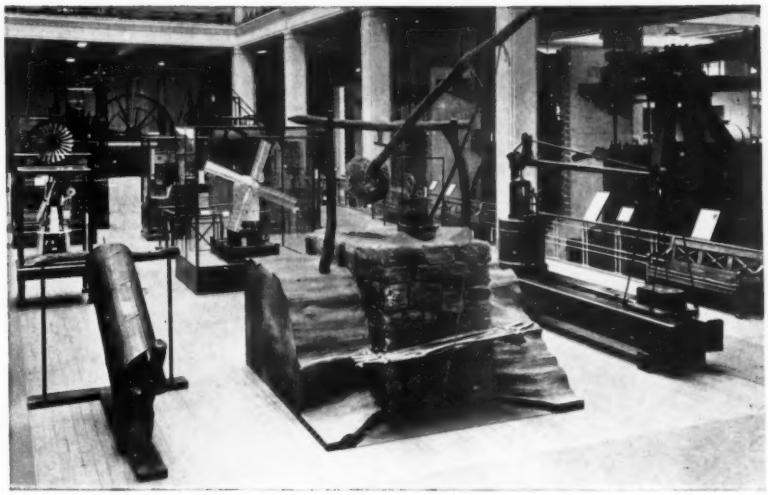


FIGURA 2 – *Objetos exhibidos en el East Hall, ilustrativos de la fuerza humana, la energía hidráulica, molinos de viento, motores y turbinas de vapor, y motores de gas y de aceite pesado.*

FIGURA 3 – *Motocicleta de Werner, de* 1899. *Se parece mucho a la bicicleta con motor, que vuelve a gozar de cierta popularidad en Inglaterra y en otras partes.*

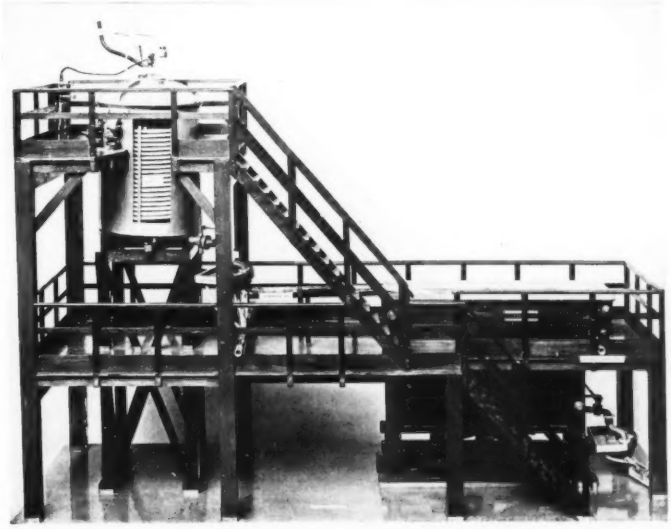


FIGURA 4 – *Modelo de una planta de nitroglicerina.*

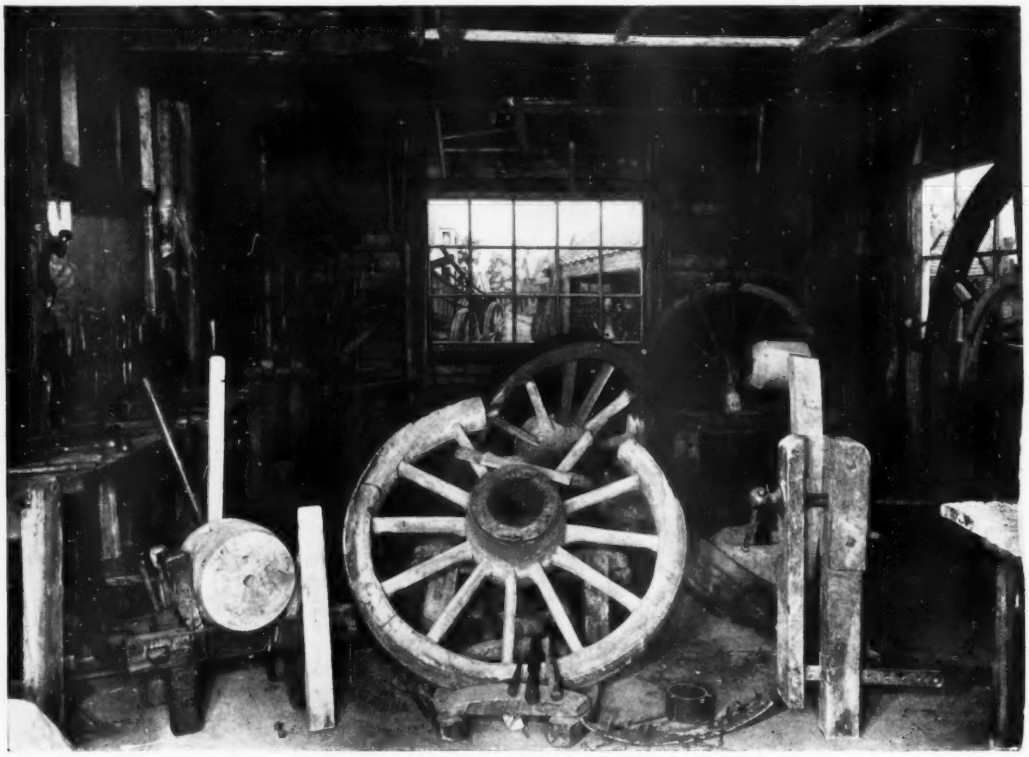


FIGURA 5 – *Modelo de un antiguo taller de carretas.*

FIGURA 6 – *Modelo de una moderna mina de carbón.*

FIGURA 7 – *Modelo que reproduce la casa de William Murdock en Redruth, con el alumbrado de gas instalado por él en* 1792.

permanentes, señales y billetes. La colección contiene también una serie de lindos grabados y otros documentos y reliquias referentes a los primeros tiempos del ferrocarril y de sus promotores.

En la colección del transporte por agua destacan por su interés los modelos originales de los motores para navíos de Symington (1788) y Bell (1812); la porción trasera del *Turbinia* (1897), incluyendo las turbinas de vapor; un pequeño motor naval, de combustión interna, Daimler, de 1898, y la turbina de gas usada en el Motor Gun Boat 2009, en 1947. Los modelos de vapores forman una serie que cubre prácticamente todas sus etapas importantes de desenvolvimiento, y entre los modelos de motores para navíos hay algunos magníficos, como los de la famosa colección Maudslay. El desenvolvimiento de las ruedas de paletas, hélices, calderas navales y otros accesorios, se exhibe también por medio de modelos y muestras exactas.

La colección de aeronáutica tiene un origen relativamente reciente, pero contiene ya muchos objetos de gran interés histórico, así como algunos ejemplos de los tipos más modernos. Está instalada actualmente en un local separado del Museo, las Galerías del Oeste, pero acabará por acomodarse en el nuevo edificio central. Entre los objetos exhibidos, de la época primitiva, figuran los primeros modelos de Stringfellow y Henson, y un planeador original de Lilienthal (1895). El aeroplano original de Wright (1903) se exhibió en esta sala desde 1928 hasta 1948; pero ha sido devuelto a los Estados Unidos, y substituído por una reproducción. Otra reliquia interesante es la máquina histórica en la que Alcock y Whitten-Brown hicieron el primer vuelo sobre el Atlántico.

Las colecciones agrícolas se encuentran en un estado de rápido desenvolvimiento. El Museo posee curiosas colecciones históricas de herramientas y máquinas agrícolas desde los tiempos más remotos. Éstas se están completando con una brillante exposición de maquinarias y métodos modernos de labranza, que será abierta al público en 1951.

Se ha creado otra exposición de gran éxito en la nueva sección del alumbrado, donde se han reorganizado las extensas colecciones, reduciendo el número de objetos exhibidos y presentándolos en cubículos brillantemente iluminados, con dioramas que dan una clara idea de la efectividad del alumbrado producido por los diversos aparatos de iluminación al través de la historia.

Una de las novedades más interesantes del Museo, en los últimos tiempos, es el aumento de la colección referente a los aparatos de producción y distribución del gas. En 1937, por iniciativa del difunto Thomas Hardie, que era entonces ingeniero jefe de la Gas Light and Coke Co. y miembro del Consejo asesor del Museo, se formó un comité con representaciones de los productores de gas y de los fabricantes de instalaciones de gas, al que se encargó de reunir una colección de objetos, digna de la industria del gas. El comité ha sido reorganizado recientemente, bajo los auspicios del Instituto de Ingenieros del Gas, y el proyecto se está desarrollando activamente sobre la base de los crecientes recursos financieros proporcionados por el Consejo del Gas. Se ha habilitado para este objeto una gran galería, que se está terminando ahora, y en la que se instalará la exposición según líneas modernas. Se espera que la nueva galería pueda inaugurarse en mayo o junio de 1951.

La minería, a pesar de su gran importancia nacional, ha estado hasta ahora mal representada en el Museo. Se espera, sin embargo, poder abrir nuevas galerías de objetos mineros, en los locales del sótano, a comienzos del año próximo, preparándose una reproducción realista de las galerías de una mina de carbón, con unos 60 m de senderos y unos 27 m de filón carbonífero. El equipo, de tamaño natural, contendrá transportadores, cortadores de carbón, jaulas, tubos, etc. El Museo está llevando a cabo estos trabajos con la valiosa asistencia de diversos fabricantes de equipos mineros. Habrá también una grada metalífera.

La ingeniería eléctrica es otra rama de importancia que, aunque rica en material histórico, está mal representada en su aspecto moderno. Se halla sometida ahora a reorganización, con objeto de que los visitantes del Museo puedan apreciar mejor sus adelantos técnicos y su significación general. Un comité de la *Institution of Electrical Engineers*, con representantes de todas las ramas de la industria, está ayudando al Museo en esta tarea.

El Museo posee abundante y valioso material para ilustrar la historia de la telegrafía y la telefonía, y de la comunicación por radio, así como una colección de aparatos desarrollados durante la guerra.

Al aumentar el número de visitantes del Museo, después de la apertura de nuevas galerías en 1928, se consideró conveniente hacer algo más en favor de los niños y de los no familiarizados con los principios de la ciencia. Esto condujo a la fundación de una galería infantil, destinada a explicar el desenvolvimiento de la ciencia en su conjunto, por medio de dioramas y modelos animados de

fácil comprensión para la mente infantil. La guía impresa para dicha galería contiene una breve y admirable introducción al conocimiento del desarrollo de la ciencia, habiéndose vendido ya unos 80 000 ejemplares de la misma.

El Museo de Ciencia organiza de vez en cuando exposiciones temporales de carácter especial, que duran de unas semanas a unos seis meses, y que tratan de presentar ante el gran público los últimos progresos de una rama determinada de la ciencia. En los últimos 30 años se han celebrado muchas exposiciones de este género, dedicadas a temas tan variados como geofísica (1924), adhesivos (1926), técnica del vidrio (1931), bajas temperaturas (1936), televisión (1938), alumbrado (1950) y cables submarinos (1950). El Museo se siente muy reconocido a los organismos industriales y científicos y a las firmas particulares, que coadyuvaron en todo o en parte a los gastos y a los trabajos de organización de estas exposiciones especiales, con la nota simpática y laudable de mantener el anonimato de los expositores individuales. Se celebran también exposiciones temporales de un carácter distinto, como las dedicadas a conmemorar el aniversario de alguna fecha culminante en el campo de la ciencia pura o aplicada, o como la celebrada recientemente en beneficio exclusivo de las personas ciegas o de visión defectuosa.

La Biblioteca Científica, finalmente, es una sección del Museo que ha ejercido una influencia especial en el mundo de la ciencia. La Biblioteca se inauguró en los tiempos de la Reina Victoria, pero sólo comenzó a desempeñar su importante papel actual en los años 1925 y siguientes, en que empezó a ceder sus libros extensamente a las instituciones científicas y a los centros de investigación industrial, aunque no a los lectores individuales. Entonces comenzó también a ampliar sus adquisiciones, especialmente de periódicos. Abarca todas las materias de la ciencia pura y aplicada, excepto la medicina, aunque no contiene obras de interés vulgar.

El sistema de cesión de libros tuvo desde el principio tal éxito que estuvo a punto de originar un caos. Los prestatarios usaban tan liberalmente su privilegio que el desdichado visitante de la sala de lectura encontraba demasiado frecuentemente que el libro apetecido estaba ya prestado. Hasta la segunda guerra mundial, sin embargo, este peligro se mantuvo a raya, y la biblioteca, con su adopción de las modernas técnicas de clasificación, servicio de información, etc., se convirtió en un centro de peregrinaje para los bibliotecarios de todo el mundo. Incluso el estallido de la guerra no reveló en el primer momento todas las dificultades que habían de surgir después. Disminuyó, como era natural, el número de lectores, y el servicio de préstamo de libros demostró todo su valor nacional, al surgir, bajo el acicate de la guerra, numerosos centros de investigación totalmente desprovistos de fuentes informativas. Fué al terminar la guerra, y al multiplicarse por todas partes las dificultades, cuando las demandas hechas a la Biblioteca del Museo se hicieron absolutamente insoportables para los lectores corrientes y aun para los propios prestatarios. La Biblioteca ha puesto en acción un servicio de copias fotográficas y una organización cooperativa entre los usuarios de las colecciones, a fin de remediar el mal crónico del abuso en la retención de los libros; pero queda mucho por hacer en este terreno, especialmente por lo que se refiere a la educación de los lectores, antes de que la Biblioteca pueda afrontar con éxito esta necesidad de lecturas científicas, que ella misma ha contribuído a crear.

Hemos hecho una breve reseña de las múltiples actividades actuales del Museo de Ciencia, y debemos ahora mirar hacia su futuro. Si otras necesidades más urgentes del país no impiden la realización de los planes de desenvolvimiento del Museo, presenciaremos una gran extensión, tanto de los temas ilustrados, como de las exposiciones dedicadas a exhibirlos. Cualquiera que sea el ritmo de esta expansión, el Museo de Ciencia participará, sin duda, en la revolución de la técnica de los museos que se está desarrollando actualmente en todo el mundo. El *gazophylacium* y el «gabinete de curiosidades», tan atrayentes para el siglo XVII, cedieron el paso a las colecciones de objetos, científicamente ordenados pero un poco muertos, del siglo XIX. Actualmente estamos reemplazando las simples «colecciones» por nuevas exposiciones integrales, destinadas, no tanto a mostrar las cosas, como a expresar sus ideas internas, por todos los medios adecuados para impresionar la mente del espectador. Esta expresión de las ideas no es simplemente intelectual, pues deseamos dirigirnos, no sólo al intelecto que capta los conceptos de la ciencia, sino también a la sensibilidad estética y emotiva, que da significación a tales conceptos y los convierte en parte integral, no ya del sistema de la ciencia, sino de la propia vida humana.

La física de las nubes y su precipitación

P. A. SHEPPARD

Estudio de la formación y desarrollo de las gotas en las nubes. Importancia de los núcleos de formación de hielo para la precipitación. Ciertas nubes de convección pueden producir lluvia sin previa formación de hielo. Lluvias artificiales provocadas mediante descarga de CO_2 desde aviones, o por la difusión por convección de partículas de yoduro de plata. El radar ofrece una nueva técnica para la exploración de las nubes.

Las nubes se forman por el enfriamiento casi adiabático del aire húmedo a causa de su movimiento ascendente; la forma de la nube depende de la naturaleza y configuración de este movimiento vertical. Si éste se extiende sobre un área horizontal considerable, del orden de unos 10 000 km² o más, la velocidad vertical se reduce a unos cm/sec, y así se forma una nube en capas (estrato). Si, por otra parte, el movimiento ascensional es local, del orden de 1 km², sea la velocidad considerable (hasta unos 1000 cm/sec) o bien reducida, dará lugar a la formación de un amontonamiento nuboso (cúmulos). La continuidad y la conservación de la masa requieren que, en ambos casos, haya una corriente descendente cercana a la ascendente. El descenso implica compresión y calentamiento y, en consecuencia, la evaporación de cualquier nube previamente formada en el aire descendente; tal descenso es, generalmente, más suave y extenso que el correspondiente ascenso.

Esta clasificación general requiere una subdivisión si es que ha de adaptarse a todas las diferentes formas de nubes que podemos observar. Así, otros movimientos menores están frecuentemente asociados con el movimiento principal, dando lugar a combinaciones de capas y acumulaciones (estratocúmulos, altocúmulos, y cirrocúmulos), mientras que, tal como veremos más adelante, la temperatura de formación y la extensión de la corriente ascendente ejercen profunda influencia en la forma e historia de una nube.

DESARROLLO DE LAS GOTICULAS EN LAS NUBES

Por los trabajos de C. T. R. Wilson y otros sabemos que las gotículas de las nubes no se forman en el aire húmedo enfriado a menos que la humedad relativa se eleve a varias veces la de saturación; entonces tiene lugar la condensación sobre los iones gaseosos. Tales supersaturaciones nunca ocurren en la atmósfera porque ésta siempre contiene una cantidad mayor o menor de partículas microscópicas o ultramicroscópicas, con frecuencia higroscópicas, sobre las cuales puede tener lugar la condensación a humedades relativas lo más ligeramente superiores al 100%. Para las partículas mayores (higroscópicas), Wright [1] y otros han demostrado que la condensación ocurre a humedades apreciablemente inferiores. Algunos de estos núcleos de condensación son partículas de sal común del orden de 1 μ o menos de diámetro; Dessens [2] ha recogido las gotículas en finas telas de araña (fig. 3) y ha examinado su comportamiento en una atmósfera cuya humedad estaba controlada. Frecuentemente permanecen líquidas a humedades muy inferiores al valor de equilibrio para una solución saturada de sal; entonces consisten en gotículas de solución supersaturada. Más tarde o más temprano, sin embargo, cristalizan; cuanto mayor es la gotícula tanto más fácilmente ocurre y tiene lugar con una violencia explosiva, de forma que se producen simultaneamente varios núcleos menores. Simpson [3] ha aducido que los océanos no pueden producir partículas de sal en cantidad suficiente para proporcionar todos los centros de condensación necesarios en el aire en donde se forman nubes y de los cuales, más tarde, el agua se precipita. Los óxidos de nitrógeno formados probablemente en la descarga de los rayos y más tarde ampliamente dispersados pueden quizás proporcionar una alternativa, aunque menor, de centros higroscópicos, mientras que las partículas de polvo que pueden ser mojadas pueden actuar como núcleos no higroscópicos. Se necesita una investigación más a fondo para poder clarificar este problema, pero se puede proceder asumiendo que en la masa de aire ascendente existe un suministro de núcleos de condensación de tamaño variable a una concentración raramente menor de unos centenares por cm³.

El proceso según el cual los núcleos higroscópicos se desarrollan en una corriente ascendente puede deducirse de la figura 4*a*, en donde se indica el equilibrio de humedad sobre las gotas con

FIGURA 1 – *Un ejemplo de cirrus (cristales de hielo), resultado de una formación previa de una nube de gotículas de agua superenfriada (cirrocúmulos). La transformación es casi completa pero permanece una zona de cirrocúmulos (parte central superior), y un elemento está en proceso de transformación en la parte inferior a la derecha de tal área. A temperaturas de formación inferiores a — 40° la fase líquida precursora no es tan fácilmente apreciable.*

FIGURA 2 – *Un cúmulonimbus con un yunque bien desarrollado, el cual se ha convertido más o menos completamente en hielo. La nube ha pasado probablemente a un estado de degeneración, aunque todavía sigue lloviendo de su base.*

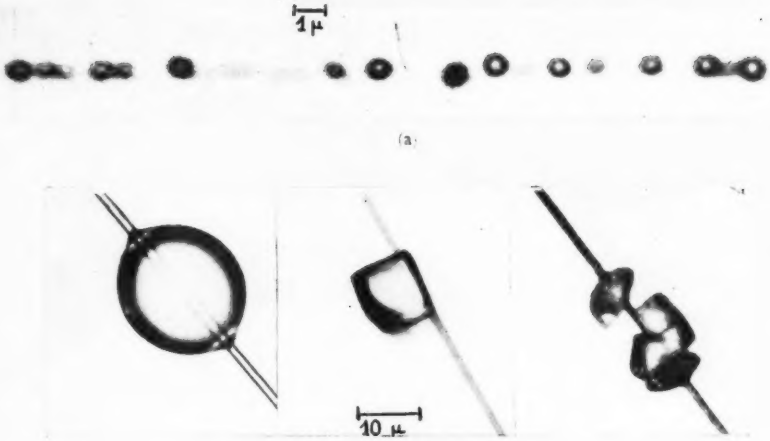


FIGURA 3 – (a) *Fotografía de núcleos de gotículas grandes de neblina.* (b), (c), (d) *Fotografías de un núcleo de gotícula grande antes* (b) *y después* (c, d) *de su desecación. Obsérvese la división en* (d). (*Según Dessens.*)

(*Publicamos las figuras 1, 2 y 3 gracias a la amabilidad de la Royal Meteorological Society.*)

concentraciones variables de substancia disuelta en función de su tamaño. Dos efectos contradictorios determinan la forma de estas curvas con picos: la disminución de la presión del vapor sobre una solución de sal, la cual para una gotícula determinada es mayor cuanto más concentrada sea la solución, y el aumento de la presión del vapor sobre una superficie curva de líquido puro, que aumenta al disminuir el tamaño de la gota (efecto Kelvin). Obsérvese que cada curva descansa completamente encima o debajo de la siguiente y que el pico de supersaturación se disipa para los núcleos que contienen mayores cantidades de substancia disuelta. La condensación tendrá lugar sobre cualquier gota si la presión del vapor en el aire excede el valor de equilibrio para su radio, y la velocidad de aumento del diámetro es proporcional a este exceso de presión del vapor e inversamente proporcional al diámetro. El alcance del exceso de presión del vapor dependerá a su vez de la velocidad de ascensión y de la temperatura, o sea de la cantidad de vapor de agua que sea asequible por unidad de tiempo durante la ascensión, del número de gotas por unidad de volumen y de su diámetro (fig. 4*b*).

En la realidad, cuando intervienen una vasta gama de núcleos, esto resulta más complejo. Todos los núcleos crecen inicialmente al aumentar la humedad hasta cerca de la saturación, pero sólo aquéllos cuyo disuelto excede una cierta concentración son capaces de vencer el pico de la curva de equilibrio, ya que la supersaturación real dependerá de la rapidez con que el vapor de agua disponible sea absorbido por los núcleos que crecen con mayor rapidez. Para aquellos que pasan sobre la barrera la rapidez de crecimiento ulterior depende del diámetro según dos modos opuestos; el exceso de presión del vapor es mayor sobre las gotas mayores (*BB'* y *CC'* en la figura 4*b*), pero para un determinado exceso de presión del vapor las gotas más pequeñas aumentan su diámetro por difusión con mayor rapidez de lo que lo hacen las de mayor tamaño. Sólo las detalladas computaciones para «espectros» de las dimensiones nucleares, velocidades de ascensión y temperatura, permiten predecir el resultado. Tales cálculos han sido llevados a cabo por Howells [4] para velocidades de ascensión reducidas, moderadas y elevadas, asumiendo una gama de núcleos como los que se encuentran en la práctica; él encontró una marcada tendencia hacia la homogeneidad dentro de una nube, desde su temprana formación. Sólo los mayores, que representan un 10 a 20 % de los núcleos totales, se convierten en gotas; las mayores velocidades de ascensión implican una mayor fracción de los núcleos y una mayor uniformidad en el tamaño de las gotas. La última conclusión está confirmada por la apariencia de los altocúmulos lenticulares en las ondas estacionarias que se forman viento abajo desde ciertas

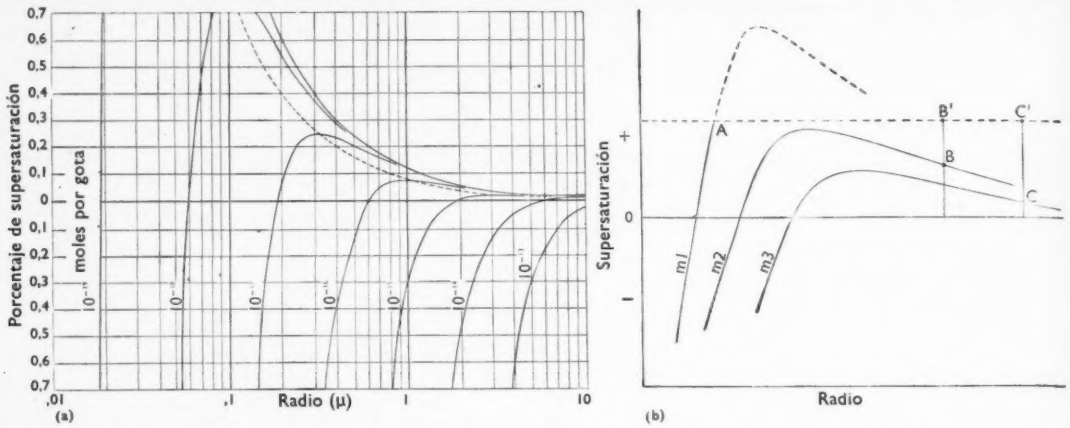


FIGURA 4 – (a) *Equilibrio de humedad, mostrado como desviación de la saturación sobre una superficie plana, para gotas de agua que contienen cantidades dadas de disuelto disociado, medido en moles por gota, siendo de esta forma independiente de la naturaleza del disuelto. (Según Howells.)* (b) *Una porción ampliada de* (a) *mostrando el proceso de desarrollo. La línea horizontal interrumpida representa la humedad en el medio ambiente de las gotas en un instante dado. El núcleo* m1 *está en equilibrio con su ambiente en* A *y no crece; los núcleos* m2 *y* m3 *se supone que han alcanzado los puntos* B *y* C *respectivamente y estando sometidos a presiones de vapor excesivas representadas por* BB′ *y* CC′ *crecen por lo tanto.*

configuraciones topográficas. En estas ondas tienen lugar velocidades verticales considerables y las nubes muestran una iridiscencia coronal indicativa de homogeneidad en la nube. Howells encontró que la supersaturación en una nube en desarrollo es siempre pequeña, con un máximo de un 1 % aproximadamente en corrientes rápidamente ascendentes.

Son todavía pocas y poco precisas las observaciones de los diámetros y concentraciones de las gotículas en las nubes. Generalmente existen unos centenares de gotas por cm^3, con diámetros considerablemente variables en cualquier parte de la nube. Sin embargo, siempre existe un máximo bastante bien definido en las curvas de distribución de los diámetros y de distribución de volumen, lo que prueba la tendencia hacia la homogeneidad. La posición del máximo varía de una a otra nube y depende del tipo de nube. Se ha encontrado que el diámetro de las gotículas puede variar desde 2 μ hasta 50 μ (o todavía más para nubes en precipitación) con el diámetro medio comprendido generalmente entre 6 μ y 30 μ. En este respecto las nubes se clasifican de manera general según este orden: estratos (mínimo), estratocúmulos, cúmulos, altocúmulos, nimboestratos, cúmulonimbus (máximo) [5, 6, 7].

La distribución del tamaño de las gotas se modifica cerca de los bordes de la nube, con la mezcla turbulenta con aire puro, lo que ocasiona una mayor gama en el tamaño, y, hasta cierto punto, por las colisiones de gotas dentro de la nube, proceso que requiere investigación más profunda. La mayoría de los investigadores, no obstante, están actualmente de acuerdo en que las colisiones son demasiado raras para poder modificar apreciablemente la distribución básica en el curso de la existencia de la mayoría de las gotículas de las nubes, en tanto que no se produzcan gotas mayores.

Mediante un simple razonamiento podemos mostrar cómo las gotas mayores no se producen fácilmente según un proceso de condensación. Consideremos, por ejemplo, un caso muy favorable en el cual aire caliente de humedad relativa elevada, y por lo tanto de alta humedad absoluta (por ejemplo 25°, 70 % de humedad), y con un contenido nuclear efectivo reducido (100 por cm^3), es transportado hacia arriba hasta tal altitud que prácticamente todo el vapor de agua queda condensado. Las gotas resultantes, que se suponen uniformes, alcanzarán, tal como indicaremos, un diámetro menor de 70 μ. Como comparación notemos que el diámetro de una gota de llovizna es de 200 μ o más. Tal ascenso continuado lleva, naturalmente, el aire hasta niveles a los cuales la temperatura es muy inferior a 0° pero un superenfriamiento hasta un mínimo de – 30° es casi general en la atmósfera, por lo tanto es razonable la suposición de que el agua se condensa durante el ascenso considerado.

Ello nos conduce a la conclusión de que las nubes de gotas de agua son generalmente estables y pueden seguir sin producir lluvia a menos que esté presente algún agente, hasta ahora no

considerado, que sea causa de la conglomeración de las gotas de la nube. Uno de tales agentes es el hielo.

NUBES DE HIELO

Acabamos de hacer notar que las gotitas de agua se superenfrían en la atmósfera. También se forman sobre núcleos a temperaturas bajo cero, pero parece que debajo de — 40° la condensación ocurre siempre en forma de hielo dando lugar a los bellos cirros filamentosos con halos de gran altitud. No obstante, incluso aquí los datos indican que un cristal de hielo sólo se forma sobre un núcleo que esté ya apreciablemente mojado en una atmósfera saturada con respecto al agua, o sea aproximadamente un 50% supersaturada respecto al hielo (fig. 1). La atmósfera está frecuentemente supersaturada con respecto al hielo, pero no saturada respecto al agua, sin que esté presente una nube de hielo. La persistente condensación en las estelas de los aviones prueba tales afirmaciones. El escape del avión proporciona suficiente vapor de agua para producir una saturación con respecto al agua en la estela del avión; los núcleos crecen entonces y aparece una nube de hielo artificial. Fournier d'Albe [8] ha seguido tal proceso con un ultramicroscopio empleando una cámara de expansión en la cual el punto final puede controlarse exactamente al punto de congelación o de rocío del aire. Así encontró que mientras el hielo se forma a temperaturas inferiores a — 41°, unos cristales de hielo aparecen entre muchas más gotículas de agua para temperaturas entre — 32° y — 41° cuando se empleaba aire no purificado. También descubrió dos tipos de núcleos artificiales, yoduro de plata y yoduro de cadmio, que poseen un umbral de temperaturas de formación de hielo mucho más elevado, unos — 7° y — 9° respectivamente.

Findeisen [9] había descubierto antes la existencia en la atmósfera de núcleos formadores de hielo que pasan a ser activos a unos — 10° pero en concentraciones tan bajas (del orden de uno por litro) que no podían encontrarse en la pequeña cámara de expansión de Fournier d'Albe. Tal como veremos más adelante, son quizás de gran importancia para estimular la inestabilidad coloidal en nubes de agua superenfriada. No poseemos un conocimiento definido sobre la naturaleza de ninguno de los núcleos formadores de hielo en la atmósfera, pero Mason [10] ha realizado deducciones preliminares. La técnica de la cámara de expansión hasta ahora empleada para su examen, implica el equivalente de excesivas velocidades de ascenso del aire y, desde que Findeisen halló que la actividad de los núcleos depende de la velocidad de expansión hay cierta duda en aplicar los resultados de tal investigación directamente a la atmósfera. Podemos deducir, sin embargo, que la mayor parte de las nubes, si no todas, superenfriadas contendrán un porcentaje muy pequeño de partículas de hielo a temperaturas entre unos — 10° y — 30°, un mayor porcentaje debajo de — 30°, y que el hielo predominará bajo los — 41° donde puede ciertamente llegar a constituir el 100%.

PRODUCCION DE LA PRECIPITACION

Ya hemos visto que la humedad relativa en una nube compuesta de agua es prácticamente del 100% respecto al agua, y la presencia de relativamente pocos cristales no puede alterar fundamentalmente tal estado. Estos cristales de hielo se hallan en una atmósfera supersaturada y en consecuencia se desarrollan a expensas de las gotitas de agua, con la máxima velocidad de crecimiento, *ceteris paribus*, teniendo lugar a — 12°. Siendo rápido el crecimiento, pronto adquieren una velocidad de caída apreciable relativa a las gotículas vecinas de la nube, y así tiene lugar un barrido que favorece el crecimiento. En las nubes de tipo de capas profundas (nimboestrato) con velocidad de ascenso del aire reducida, estos elementos de precipitación son principalmente copos de nieve, mientras que en las nubes con convección enérgica (cúmulonimbus) es más probable que sean granizo blando, nieve granular, o pedrisco, ya que estas son las formas preferidas cuando el crecimiento es rápido. La fusión empieza tan pronto como se excede 0° durante su caída y si la nube se extiende debajo de este nivel el crecimiento continuará por la acción de barrido solamente. La precipitación puede alcanzar el suelo en forma de lluvia si la distancia es suficiente y si la temperatura aumenta entre el nivel en que está a 0° y el suelo.

La esencia de estas ideas fué dada a conocer primeramente por Bergeron en 1933. Puede ser resumida así: cada gota de lluvia tiene su origen en un cristal de hielo. Recientemente se ha demostrado que la concentración de núcleos formadores de hielo a mayores temperaturas es del orden de magnitud adecuado para el proceso descrito, aunque otros procesos causantes de lluvia no han de ser necesariamente excluídos. Por ejemplo, existen pruebas concluyentes de que algunas nubes de convección, especialmente en los trópicos, producen lluvia sin extenderse más allá del nivel de 0°. Ludlam (datos no publicados) ha indicado que esto puede ocurrir cuando hay una pequeña fracción de núcleos higroscópicos especialmente

grandes que crecen de forma preferente y que, con movimientos verticales suficientes, permanecen por mucho tiempo en la nube para crecer hasta el tamaño de gotas de lluvia, incluso muy grandes, por acción de barrido solamente.

Ludlam [11] ha sugerido asimismo la posibilidad de una reacción de cadena en los cúmulonimbos. El granizo que en un principio es pequeño puede ir recogiendo agua en cantidad tal que el calor latente de fusión no se disipa completamente y gotas superenfriadas se proyectan detrás del elemento de granizo. Estas pueden crecer por sucesiva acción de barrido, pasando a ser inestables y dividirse en gotas más pequeñas y así sucesivamente. En este caso los cristales de hielo que aparecen cerca de la cúspide de un cúmulonimbus (fig. 2) no realizan ninguna función esencial en el proceso de precipitación, aunque pueden explicar la llovizna durante el período final de una tormenta.

PRECIPITACION ARTIFICIAL

La noción de que la precipitación se produce por una acción de disparo ha conducido a los recientes trabajos sobre la descarga artificial de las nubes. Estos han seguido dos caminos: esparcimiento de pequeñas partículas de anhídrido carbónico sólido desde un avión dentro de nubes superenfriadas o bien introducción de núcleos de yoduro de plata en las nubes por convección desde el suelo. Las partículas de anhídrido carbónico producen una abundancia de cristales de hielo en su trayectoria debido a un enfriamiento local y de esta manera grandes zonas de estratos nubosos superenfriados pueden dispersarse por transformación de la nube en nieve. Parece también que se han convertido grandes cúmulos en lluvia por igual método, o por impregnación con yoduro de plata, pero debe tenerse en cuenta que tales nubes pueden producir precipitación en cualquier caso — ya que es estrecha la zona de temperaturas de la parte superior de la nube en donde puede aplicarse la siembra artificial con anticipación a la acción natural. Sin embargo, si la siembra no es el único método de hacer descargar la nube, tal como indica la precipitación natural de las nubes no heladas, entonces las posibilidades para un estímulo artificial se ensanchan. Tanto si la precipitación es natural como artificial, debe haber presente una gran cantidad de agua en una columna vertical a través de la nube. Ello está ayudado por la alta temperatura en la base (elevado punto de rocío del aire suministrado), gran profundidad (gran distancia de caída en la nube para elementos de precipitación embrionarios) y elevada velocidad vertical (largo tiempo de caída de los elementos de precipitación).

NUEVOS METODOS DE INVESTIGACION DE LAS NUBES

Los experimentos recientemente llevados a cabo sobre el estímulo artificial de las nubes pueden considerarse como una extensión de los procesos corrientes de laboratorio físico para la experimentación controlada que muy raramente es aplicable a la meteorología. Así, sea el que sea su resultado con relación a la producción de lluvia (o incluso prevención de la misma), mucho podremos aprender de tales experimentos meteorológicos con respecto a la física de las nubes.

El radar centimétrico ha sido de gran utilidad para la física de las nubes. Una nube refleja los impulsos de radar según la ley de Rayleigh, esto es, con una intensidad proporcional a $\Sigma(nd^6)$ en donde n es el número de gotas de diámetro d en el haz. Con ello el radar proporciona una técnica de exploración de las nubes (especialmente cúmulonimbus para las cuales el avión es algo frágil) y que es especialmente apta para la identificación de elementos de nubes mayores con lo que puede aplicarse al estudio del desarrollo de la precipitación, ya que tanto el agua como el hielo son origen de ecos. El ciclo de vida de los cúmulonimbus es del orden de una hora y pueden, por lo tanto, seguirse desde una sola estación de radar.

Es también interesante observar que el hielo sobre los aviones es un problema no sólo relativo a la estructura de la nube sino también, en cierto modo, al desarrollo de los mismos elementos de precipitación.

BIBLIOGRAFIA

[1] WRIGHT, H. L. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **65**, 411, 1939.
[2] DESSENS, H. *Météorologie*, **23**, 321, 1947; *Quart. J. R. Met. Soc.*, **75**, 23, 1949.
[3] SIMPSON, G. C. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **67**, 163, 1941.
[4] HOWELLS, W. E. *J. Met.*, **6**, 134, 1949.
[5] BRICARD, J. *Météorologie*, **19**, 57, 1943.
[6] DIEM, M. *Met. Rdsch*, **1**, 261, 1948.
[7] LEWIS, W., y HOECKER, W. H. *N.A.C.A. Tech. Note*, No. 1904, 1949.
[8] FOURNIER D'ALBE, E. M. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **75**, 1, 1949.
[9] FINDEISEN, W. *Met. Z.*, **59**, 349, 1942.
[10] MASON, B. J. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **76**, 59, 1950.
[11] LUDLAM, F. H. *Ibid.*, **76**, 52, 1950.
[12] SHEPPARD, P. A. *Sci. Progr.*, **38**, 78, 1950.

Substancias antibióticas procedentes de líquenes

FLORENCIO BUSTINZA

Antigüedad (1700 a.C.) de las aplicaciones medicinales de los extractos liquénicos. Investigaciones modernas sobre la acción antibacteriana de los líquenes frente a *Staphylococcus aureus*, *B. subtilis*, *P. vulgaris* y otros. Importancia de ácido úsnico y sus derivados, principalmente en relación con *Mycobacterium*. Investigaciones del autor del artículo sobre *Evernia furfuracea*, *E. prunastri* y *Usnea florida* y su efectividad frente a *S. aureus* y *M. phlei*.

Hay numerosas referencias sobre el empleo medicinal de los líquenes en la antigüedad, y entre ellas es notable la que da un Dr. Schweinfurth, quien viajando por el valle del Nilo en 1864 halló un fragmento de liquen en un vaso de la Dinastía XVIII (1700–1600 a. de C.), que fué identificado por Müller como *Evernia furfuracea* (L.) Ach., siendo de interés señalar que el extracto crudo de dicho líquen es activo frente a *S. aureus*, *B. mycoides*, *B. licheniformis* y *M. phlei* [1]. El liquen islándico *Cetraria islandica* (L.) Ach. gozó de gran predicamento en los siglos XVII a XIX, recetándolo muchos médicos con frecuencia para el tratamiento de la tuberculosis pulmonar.

En 1944 Burkholder y sus colaboradores [2] señalaron por primera vez la actividad antibacteriana de diversos líquenes. Emplearon extractos crudos obtenidos por trituración de 100 mg de liquen fresco por cada cm³ de disolución tampón de fosfatos de un *p*H de 7,4. Los gérmenes empleados fueron: *Staph. aureus*, *B. subtilis*, *P. vulgaris*, *A. faecalis*, y *E. coli*. En un segundo trabajo [3] de 1945, Burkholder y Evans describieron los ensayos adicionales realizados no sólo con líquenes frescos sino también con líquenes secos de colecciones. Del centenar de especies ensayadas, 52 resultaron activas frente al *Staph. aureus* y *B. subtilis*, pero la gran mayoría se reveló inactiva frente a bacterias gramnegativas. Las excepciones van indicadas en la tabla siguiente.

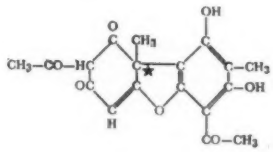
La comprobación de la actividad antibacteriana de los extractos liquénicos condujo al examen de ciertos ácidos liquénicos particulares. El primero fué aislado por Pfaff en 1826 a partir de *Cetraria islandica*, aislando después Hesse y Zopf gran número de ellos. En 1843, Rochleder y Heldt, partiendo de *Usnea barbata*, aislaron el importante ácido úsnico, cuya naturaleza química ha sido estudiada por Curd y Robertson, y Schöpf y Ross.

ACTIVIDAD DE LOS LIQUENES FRENTE A BACTERIAS GRAM-NEGATIVAS

Especie liquénica	*Activa frente a*
Cladonia delicata; Cladonia glauca; Parmelia conspersa; Parmelia rudecta; Thamnolia vermicularis; Xanthoria parietina ..	*A. faecalis*
Cladonia borbonica; Parmelia rudecta ..	*E. coli*
Parmelia physodes; Umbilicaria papulosa ..	*P. vulgaris*

Los investigadores japoneses Asahina, Asano, y sus colaboradores han realizado detallados estudios de la naturaleza química de los productos liquénicos, habiendo desarrollado el primero notables métodos microquímicos para la identificación de los ácidos liquénicos.

Burkholder y colaboradores [3] observaron que



el ácido úsnico a saturación en agua era activo frente a *B. subtilis*, pero inactivo frente a *E. coli* y *S. aureus*, y que la atranorina y el ácido fumaroprotocetrárico son inactivos frente a esas tres bacterias. En 1945, Barry y McNally [4] dieron cuenta de la actividad reducida del ácido roccélico o α-metil-α′-*n*-dodecilsuccínico, frente a *M. phlei* y *M. tuberculosis bovis*; pero en cambio señalan que los monoésteres y monoamidas del ácido roccélico poseen buena actividad frente a dichas bacterias. Este ácido es producto de *Lecanora sordida*.

Nolan y sus colaboradores han estudiado la estructura molecular de la diploicina, derivada de

Buellia canescens, demostrando que contiene tres átomos de cloro orgánico y estructura depsídica. En 1946, Barry ensayó su actividad antibacteriana *in vitro*, hallándola nula a causa de su insolubilidad en agua, pero por tratamiento suave con álcali modificó un poco su estructura, abriendo la ligadura depsídica e introduciendo en la molécula un grupo OH fenólico y otro carboxílico; el derivado sódico del nuevo cuerpo era soluble en agua y activo *in vitro* frente a *M. smegmatis*, *Corynebacterium diphtheriae* (*mitis*) y *M. tuberculosis* [5].

En enero de 1947, Marshak publicó su interesante trabajo sobre una substancia cristalina antibacteriana derivada de *Ramalina reticulata* (Noedh) Kremph. Había observado que a la concentración de 50 gammas por cm^3, o menos, inhibe a diversas estirpes de *Pneumococcus*, *Streptococcus* y *Staphylococcus*, y que ciertas estirpes de *M. tuberculosis* quedan inhibidas a una concentración de 1 : 50 000 en medio Dubos, lográndose incluso la inhibición apreciable a una dilución de 1 : 2 000 000. También observó Marshak que *M. tuberculosis avium* es más resistente al ácido úsnico que *M. tuberculosis hominis*, pues era necesaria una concentración de 1 : 20 000 en medio Dubos para lograr siquiera una inhibición parcial de la estirpe *avium*. Marshak realizó con su *ramalina* ensayos para proteger a cobayos frente a estirpes virulentas de *M. tuberculosis*, concluyendo que podían inyectarse en suspensión en aceite subcutáneamente de 25 a 50 mg por kg del peso total del animal diariamente durante un período de tres semanas sin efectos tóxicos aparentes; dicho tratamiento, aplicado a cobayos infectados intraperitonealmente con *M. tuberculosis hominis*, parece producir un retraso en el progreso de la enfermedad [7]. Más tarde Marshak identificó la ramalina como la forma dextrogira del ácido úsnico [8].

También en 1947, Stoll y sus colaboradores describieron [9, 10] los resultados de sus ensayos con 58 especies liquénicas, observando que 38 eran activas frente a *S. aureus*. Estudiaron también la actividad del ácido úsnico frente a *Mycobacterium* y otros organismos (fig. 5). Este era el primer trabajo publicado que señalaba la actividad de *Cetraria islandica* (fig. 4), *Cladonia rangiferina*, *Lobaria pulmonaria*, y *Parmelia furfuracea* frente a *S. aureus*. También se describía por primera vez la extracción del ácido *d-l*-úsnico en proporción de 0,04 % a partir de *Cetraria islandica* Ach., demostrando que su actividad antibacteriana es independiente de su actividad óptica. Todas las formas del ácido úsnico inhibían las estirpes de *M. tuberculosis hominis* y *bovis* a diluciones de 1 : 500 000 y hasta 1 : 800 000. Se indica también que los ácidos vulpínico, *d*-protoliquesterínico, dihidroliquesterínico, fisódico, y difrático tienen mayor o menor actividad frente a *Mycobacterium* y cocos grampositivos. En 1947, Barry y sus colaboradores [11] dieron cuenta de la gran actividad del ácido úsnico frente a *M. tuberculosis* a diluciones de 1 : 500 000. En 1948, Ciferri y Giacomini publicaron los resultados de un estudio de la actividad antibacteriana de 231 líquenes distintos.

En octubre de 1947 inicié mis investigaciones en este campo en colaboración con el Dr. A. Caballero, ocupándonos primeramente de la actividad de *Evernia furfuracea* y *Evernia prunastri* frente a *S. aureus*, *B. mycoides*, *B. licheniformis*, y *M. phlei*. De *E. furfuracea* aislamos una fracción activa rica en ergosterol, y de *E. prunastri* obtuvimos ácido úsnico [1]. También estudiamos la actividad antibacteriana de *Usnea florida* (L.) Hoffm. y de ella obtuvimos ácido *d*-úsnico con rendimientos entre 3,8 y 4,1 % del peso seco de liquen. Estudiamos la actividad del ácido *d*-úsnico frente a *S. aureus* y *M. phlei* y observamos que adicionado en forma de polvo muy fino inhibe a la concentración de 1 : 50 000 en caldo el desarrollo de *S. aureus* y a la de 1 : 100 000 el de *M. phlei*. *M. tuberculosis avium* queda completamente inhibido a la dilución de 1 : 100 000 en caldo glicerinado, y parcialmente a la de 1 : 200 000, en tanto que en el medio Dubos a la dilución de 1 : 100 000 el desarrollo bacteriano es normal y es preciso alcanzar concentraciones más elevadas (1 : 20 000). Efecto semejante se observó con el *M. tuberculosis hominis*. En caldo glicerinado éste queda inhibido a 1 : 500 000, pero en el medio Dubos hay que elevar la concentración hasta 1 : 40 000 para lograr inhibición completa. El usnato sódico disuelto en agua a la concentración de 1 : 10 000 produce en las placas de cultivo de *M. t. avium* halos de inhibición bien netos. También describimos que al agregar una disolución acuosa de usnato sódico a otra de clorhidrato de estreptomicina se produce un precipitado que podría ser un usnato de estreptomicina, o una mezcla de usnatos. Con él hemos realizado experiencias *in vitro* empleándolo en suspensión en tampón fosfatos o en suspensión en aceite, o bien disuelto en propileno-glicol, y demostrando su actividad frente a *E. coli* a concentraciones a las que ni el ácido úsnico ni el usnato sódico revelan por sí solos actividad alguna (fig. 1). Posteriormente he podido demostrar la presencia de estreptomicina en dicho producto utilizándolo para provocar el desarrollo de una estirpe de

E. coli estreptomicin-dependiente (fig. 2). De modo semejante, la presencia de ácido úsnico en el precipitado queda demostrada por la inhibición del hongo patógeno *Tricophyton mentagrophytes*, vulnerable al ácido úsnico pero no a la estreptomicina (fig. 3).

Es curioso consignar que al mismo tiempo que se efectuaban en E.U. y en Europa las investigaciones reseñadas, también en el Japón se realizaban estudios independientemente y en 1948 Shibata y sus colaboradores [12] publicaron un interesante trabajo sobre la actividad antibacteriana de los ácidos levo y dextro-úsnicos, el ácido úsnico racémico, y de diversos derivados de éstos: el *l*-diacetil-úsnico, el *d*-diacetil-úsnico, *l*-dihidro-úsnico, *d*-diacetil-dihidro-úsnico. Los resultados aparecen en la tabla siguiente:

Derivado	*Título de inhibición*	
	S. aureus	*M. tuberculosis avium*
Acido úsnico ..	1 : 160,000–1 : 320,000	1 : 160,000
Acido *d*-diacetil-úsnico	1 : 10,000 –1 : 25,600	1 : 40,000
Acido *l*-dihidro-úsnico	1 : 20,000 –1 : 25,600	1 : 40,000
Acido *d*-diacetil-dihidroúsnico	1 : 6,400 –1 : 10,000	1 : 10,000

Dichos resultados parecen indicar que el doble enlace y los grupos OH contribuyen en gran medida a la actividad antibiótica del ácido úsnico. Marshak y sus colaboradores han confirmado después que toda alteración de la molécula del ácido úsnico reduce o destruye dicha actividad.

También refieren Shibata y sus colegas que los chinos emplean el liquen *Usnea longissima* como expectorante y para el tratamiento local de úlceras, y que hace ya más de 50 años Chiba comunicó que la tintura de especies de *Usnea* era muy efectiva en el tratamiento de la linfadenitis tuberculosa. Posteriormente, Shibata y Miura [13] comunicaron la actividad antibacteriana frente a *S. aureus* y *M. tuberculosis avium* de 23 substancias liquénicas pertenecientes a distintos grupos químicos: ácidos grasos lactónicos, dépsidos, depsidonas, y un derivado de la antraquinona, y hallaron también que diversos ácidos derivados del tetrónico, tales como el protoliquestirénico y ciertos dépsidos y depsidonas derivados del orcinol poseen elevada actividad antibacteriana. Más tarde [14] los mismos investigadores estudian el efecto del ácido didímico y del decarbono-didímico frente a las bacterias grampositivas; dichas substancias contienen el núcleo dibencenofuránico.

En 1948 Klosa [15] presentó una comunicación sobre las propiedades antibacterianas de una substancia, a la que llamó *Evosin*, derivada de un liquen usneáceo; la evosina es una mezcla de ácido úsnico, ácido evérnico y otras dos substancias sin identificar aún. Es muy activa frente a los estafilococos y estreptococos, y a la concentración de 1 : 2 000 000 inhibe el crecimiento de *M. tuberculosis*. Klosa afirma que el ácido evérnico inhibe dichos organismos en diluciones de 1 : 1 000 000. En publicaciones posteriores [16, 17] relata el éxito del uso clínico de *Evosin* en diversas enfermedades de la piel: lupus vulgaris, piodermias, impétigos, sicosis barbae, y en el tratamiento de la mastitis bovina.

Vartia [18] comunica la existencia de una antigua tradición finesa por la que el liquen de los renos (*Cladonia alpestris*, *C. rangiferina*, o *C. sylvatica*) hervido en agua y bebido caliente es un remedio para la tuberculosis. Vartia estudió 82 especies, de las cuales 22 contenían ácido úsnico; todas éstas eran activas frente a *Sarcina aurea*, *S. aureus*, *Strep. pyogenes*, *B. subtilis*, y *B. megatherium*; la mayoría era también activa frente a *Corynebacterium diphtheriae*. En el mismo trabajo se indica que 20 especies de líquenes inhiben al *P. vulgaris*, y por lo general también a *E. coli*; nueve de ellas contienen atranorina, de la que se obtuvo un derivado cristalino activo frente a *Proteus vulgaris* a una dilución de 1 : 10 000.

En su estudio de la actividad antibacteriana de *Cetraria islandica* Vartia señala que es activo frente a *Sarcina aurea*, *S. aureus*, *Strep. pyogenes*, *E. coli*, *B. subtilis*, y *B. megatherium*. Por el contrario, *Cladonia rangiferina* no inhibe dichos organismos, y Evans y Burkholder [3] señalan que *S. aureus* y *B. subtilis* tampoco son inhibidos por dicho liquen, lo cual contrasta con la opinión de Stoll *et al.* quienes hallaron que era algo activo frente a *S. aureus*. Vartia también señala el antagonismo entre los líquenes y hongos siguientes:

Antagonismo liquen-hongo	
Liquen	*Hongo*
Cetraria glauca ..	*Actinomyces sulfuroides*
Parmelia stenophylla	*Tricophyton farineculatum*
Evernia prunastri	*Tricophyton interdigitalis*
Usnea dasypoga ..	*Epidermophyton inguinale*
Alectoria sarmentosa	

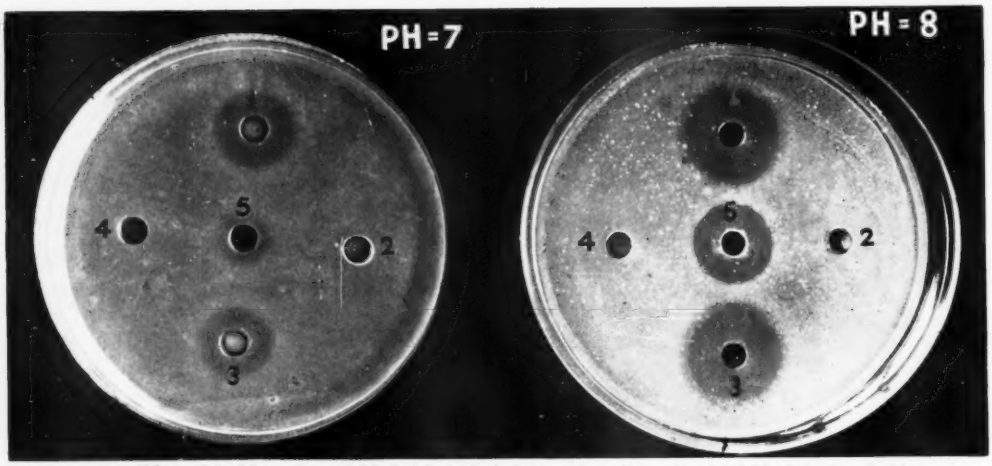


FIGURA 1 – *Efecto del pH en la actividad del ácido úsnico y de la estreptomicina. Los pocillos* (1) *y* (3) *contienen una suspensión al* 1‰ *del derivado úsnico-estreptomicina en tampón fosfatos de* p*H* 7. (2) *contiene disolución acuosa de usnato sódico al* 1‰ *a un* p*H de* 7. (4) *contiene dispersión del ácido* d-*úsnico al* 1‰ *en tampón fosfatos de* p*H* 7. (5) *contiene disolución de estreptomicina en agua destilada neutra al título de* 5 *unidades por cm*³. *Las placas han sido sembradas con* E. Coli.

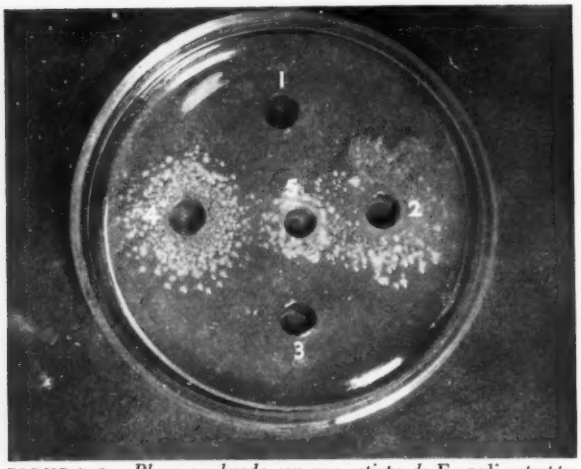


FIGURA 2 – *Placa sembrada con una estirpe de* E. coli *estreptomicin-dependiente.* (1) *y* (3) *solución acuosa de usnato sódico al* 1‰; (2) *y* (4) *suspensión en agua del derivado úsnico-estreptomicina;* (5) *disolución de estreptomicina,* 8 *unidades por cm*³.

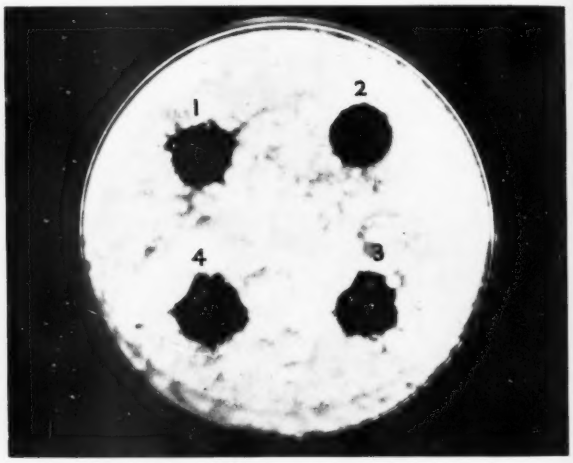


FIGURA 3 – *Placa sembrada con* Tricophyton mentagrophytes. *Los pocillos se han llenado de disolución acuosa de usnato sódico al* 1‰.

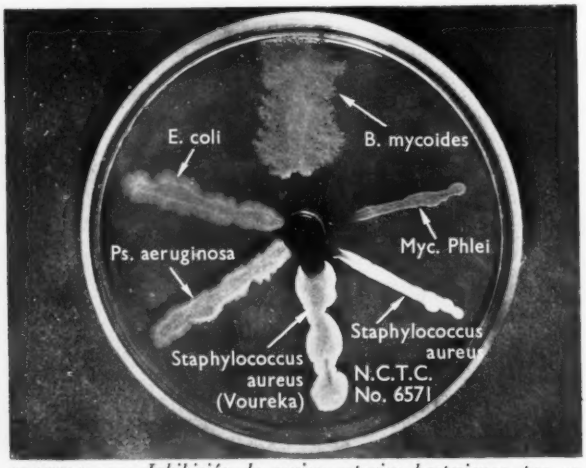


FIGURA 4 – *Inhibición de varias especies bacterianas por un extracto crudo de* Cetraria islandica. E. coli *y* Ps. aeruginosa *no están inhibidos.*

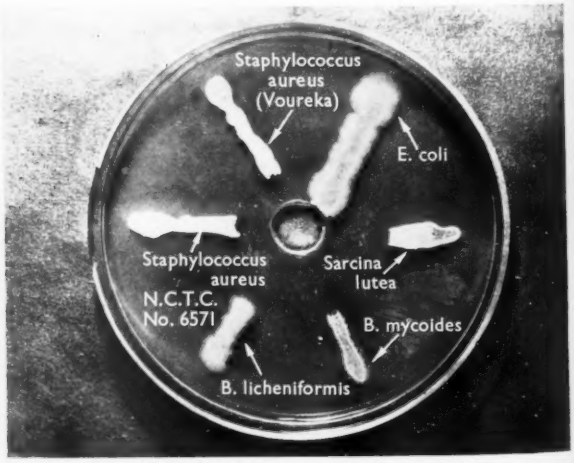


FIGURA 5 – *Inhibición de diversas especies bacterianas por una solución acuosa de usnato sódico al* 1‰. S. aureus (*Voureka*) *es resistente a la penicilina.* E. coli *no se ha inhibido en absoluto.*

En un trabajo más reciente, Vartia [19] indica que las sales sódicas de los ácidos *d*-protoliquesterínico, divaricático y fisódico son activas frente a bacterias grampositivas, y en comunicación privada me ha confirmado el Dr. Patiala la observación de Marshak de que ácido úsnico retarda el desarrollo de la tuberculosis en los cobayos.

En ensayos posteriores realizados por Marshak y Kuschner [20] sobre la actividad terapéutica del ácido úsnico y la estreptomicina en la tuberculosis de los cobayos, los autores llegan a la conclusión de que «aunque los resultados obtenidos muestran que la estreptomicina sola en dosis suficientes es más efectiva que el ácido úsnico . . . la acción sinergética de ambas drogas incrementa la probabilidad de que el desarrollo de la resistencia — serio problema terapéutico — quede limitado a causa de la acción combinada de ambas substancias». Esta conclusión coincide con mi predicción de 1948.

A pesar del gran número de investigaciones aquí reseñadas y que han conducido al descubrimiento de nuevas substancias antibacterianas, entre las que la más estudiada es el ácido úsnico, aún no está claro quién sea el productor de tales substancias en la simbiosis liquénica, si el alga o el hongo. Ashly demostró que el ester monometílico de la emodina obtenido por Raistrick y colaboradores [21] de un cultivo de *Aspergillus glaucus* era idéntico al producto llamado *Physcion* (= Parietina) de la *Xanthoria parietina*. Thomas [22] indica que cultivos puros de *Caloplacomyces*, que es el hongo que forma parte de varios líquenes del género Caloplaca, y también *Xanthoriomyces parietinae* asociado con el liquen *Xanthoria parietina*, son capaces de producir la parietina. También Thomas ha obtenido la substancia estictaurina de cultivos puros del hongo *Candelariellomyces vitellinae*, aislado del liquen *Candelariella vitellina*. Antes de las investigaciones de Thomas, tanto la parietina como la estictaurina se consideraban productos específicos del metabolismo de dichos líquenes. Recientemente, Castle y Kubsch [23] han aislado los ácidos úsnico, didímico y rhodocladónico en cultivos puros del componente fúngico del liquen *Cladonia cristatella*.

Es pues del mayor interés proseguir sistemáticamente la exploración de la actividad antibacteriana y antifúngica de los millares de especies de líquenes conocidos, teniendo siempre la precaución de operar con *líquenes puros* (y no con mezclas de especies) perfectamente identificados por especialistas liquenólogos. Creo además que de todos aquellos líquenes de los que se extraigan substancias de actividad antibiótica, será conveniente tratar de obtener en cultivo puro el componente fúngico.

BIBLIOGRAFIA

[1] Bustinza, F., y Caballero, A. *An. Jard. Bot. Madrid*, **7**, 511, 1948.

[2] Burkholder, P. R., Evans, A. W., McVeigh, I., y Thornton, H. K. *Proc. nat. Acad. Sci. Wash.*, **30**, 9, 250, 1944.

[3] Burkholder, P. R., y Evans, A. W. *Bull. Torrey bot. Cl.*, **72**, 2, 157, 1945.

[4] Barry, V. C., y McNally, P. A. *Nature*, **156**, 48, 1945.

[5] Barry, V. C. *Ibid.*, **158**, 131, 1946.

[6] Bargellini, G., del Pianto, E., y Marini-Bettolo, G. B. *Atti. Accad. Naz. Lincei*, **1**, 12, 1252, 1946.

[7] Marshak, A. *Publ. Hlth Rep.*, **62**, 1, 3, 1947.

[8] Marshak, A., Barry, G. T., y Craig, L. C. *Science*, **106**, 394, 1947.

[9] Stoll, A., Renz, J., y Brack, A. *Experientia*, **3**, 3, 111, 1947.

[10] Stoll, A., Brack, A., y Renz, J. *Ibid.*, **3**, 3, 115, 1947.

[11] Barry, V. C., O'Rourke, L., y Twomey, D. *Nature*, **160**, 800, 1947.

[12] Shibata, S., Ukita, T., Tamura, T., y Miura, Y. *Jap. Med. J.*, **1**, 2, 152, 1948.

[13] Shibata, S., y Miura, Y. *Ibid.*, **1**, 6, 518, 1948.

[14] Shibata, S., Miura, Y., Sugimura, H., y Toyoizumi, Y. *J. pharm. Soc. Japan*, **68**, 47, 1948.

[15] Klosa, J. *Naturwiss.*, **9**, 288, 1948.

[16] *Idem. Sonderabdr. Pharm. Zentralh.*, **88**, 6, 165, 1949.

[17] *Idem. Sonderabdr. Berl. Münch. tierärztl. Wschr.*, **7**, 89, 1949.

[18] Vartia, K. O. *Ann. Med. Exper. Biol. Fenniae*, **27**, 1, 46, 1949.

[19] *Idem. Ibid.*, **28**, 1, 7, 1950.

[20] Marshak, A., y Kuschner, M. *Publ. Hlth Rep.*, **65**, 5, 131, 1950.

[21] Raistrick, H. *Ergebn. Enzymforsch.*, **7**, 316, 1938.

[22] Thomas, E. A. *Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz*, **9**, 1, 1939.

[23] Castle, H., y Kubsch, F. *Arch. Biochem.*, **23**, 1, 158, 1949.

La permeabilidad de los tejidos animales

G. M. WYBURN y P. BACSICH

Estructura y propiedades de los tejidos fisiológicos. La substancia fundamental consiste de mucopolisacáridos: ácido hialurónico y ésteres sulfúricos. Funciones de los mucopolisacáridos, de la enzima hialuronidasa mucolítica, que probablemente contiene otras, y su acción como factor de difusibilidad que influye sobre la permeabilidad. La presencia del ácido hialurónico y de la hialuronidasa y sus efectos patológicos.

Las células, fibras y material intercelular constituyen los elementos estructurales de los tejidos del cuerpo. Los tejidos epiteliales forman la membrana que cubre las superficies internas y externas y la estructura funcional de las glándulas. Se componen de láminas o columnas de células mantenidas juntas mediante una pequeña cantidad de material intercelular o cemento. Los tejidos conectivos comprenden las estructuras de soporte del cuerpo, como huesos, cartílagos, tendones y ligamentos, y los diferentes tipos de tejidos de contextura suelta o tupida que forman cápsulas, envoltorios y el tejido de envase general del cuerpo. Estos tejidos conectivos están constituídos por una proporción variable de células, fibras y material intercelular o substancia básica. Las células se encuentran generalmente separadas y a veces ampliamente esparcidas, como en los huesos. Las fibras pueden formar una red suelta, amplia y entrelazada, como en el tejido areolar, o presentarse agregadas en haces para formar un fieltro tupido con las células y substancia básica oscurecidas, como en los tendones y ligamentos. El material intercelular o substancia de sostén de los tejidos conectivos varía desde una consistencia semiflúida de viscosidad variable hasta una gran solidez, como en el hueso, endurecida por la presencia de sales minerales.

La piel consiste de (*a*) un epitelio celular externo, la epidermis, con poca substancia intercelular de trabazón; (*b*) un tejido conectivo profundo, la dermis, en el que las fibras y células están como incrustadas en una substancia intercelular más abundante. En la mayor parte del cuerpo la piel se mueve libremente sobre un tejido fundamental, suelto, subcutáneo, formado de células y fibras esparcidas en una substancia de sostén copiosa.

La permeabilidad de un tejido es una cualidad física pasiva, distinta de las actividades vitales de la célula, como la secreción y la absorción, y determinada además por la cantidad y consistencia de la substancia básica intercelular. Los tejidos epiteliales con una pequeña proporción de cemento intercelular tienen poca permeabilidad, mientras que los tejidos más permeables son los que poseen pocas células y fibras y una gran cantidad de substancia básica de escasa viscosidad, por ejemplo, los tejidos subcutáneos. El tejido conectivo, en general, ofrece considerable resistencia a la penetración de flúidos extraños; esta resistencia constituye un índice de su permeabilidad.

Se dan grandes variaciones en la permeabilidad de los diferentes tejidos y aun dentro de un mismo tipo de tejido, como la piel, en las diferentes regiones del cuerpo de un mismo indivíduo. Existen también notables diferencias en la permeabilidad de los tejidos en indivíduos distintos, hasta cierto punto debidas al sexo, edad, actividad hormonal, particularmente a las hormonas del sexo, y a las vitaminas, como la vitamina C.

Químicamente la substancia básica del tejido conectivo y probablemente también la del cemento intercelular de los tejidos epiteliales, pertenece al grupo de hidratos de carbono proteínicos conocidos con el nombre de mucopolisacáridos. Estos hidratos de carbono proteínicos desempeñan funciones importantes en muchos aspectos de la economía animal; se les encuentra, por ejemplo, en reacciones de inmunidad y sistemas enzímicos, y sus propiedades particulares se deben a la presencia de enlaces proteínicos o residuos péptidos. Los mucopolisacáridos poseen muy poco contenido proteínico y son predominantemente hidratos de carbono. Sus soluciones acuosas tienen elevada viscosidad y tienden a hacerse insolubles en agua después de ser deshidratadas.

Las mucoproteínas forman otro grupo de compuestos de hidratos de carbono proteínicos; poseen contenido proteínico relativamente elevado y, predominantemente, tienen reacción proteínica. Las hormonas gonadotrópicas (procedentes de la

glándula pituitaria), saliva, extractos serosos y el protoplasma de las medusas son ejemplos de mucoproteínas. Los mucopolisacáridos del tejido de la substancia básica son: ácido hialurónico y ésteres sulfúricos: sulfato de condroitina, sulfato de mucoitina y sulfato de ácido hialurónico (es un sulfato de mucoitina); contienen también hexosamina y ácido urónico. Todas o cualquier combinación de estas substancias pueden encontrarse en un tipo particular de tejido.

La heparina, anticoagulante natural de la sangre profusamente distribuído por todo el cuerpo, particularmente en el hígado, es un mucopolisacárido que contiene una elevada proporción de éster sulfúrico. Los tejidos cuya substancia básica contiene sulfatos mucopolisacáridos se colorean con tintes metacromáticos, como el azul de metileno o de toluidina. El ácido hialurónico desprovisto de sulfatos no da dicha reacción histoquímica. El ácido hialurónico que encontramos junto con otros mucopolisacáridos en la substancia intercelular de los tejidos conectivos, abunda más en el humor vítreo gelatinoso que llena el globo del ojo, en el primitivo cordón umbilical que une el embrión con la placenta, y en el flúido sinovial lubricante de la fosa de las diártrosis. El sulfato de ácido hialurónico es el mucopolisacárido de la substancia intercelular de la córnea, la cubierta transparente del ojo, y a él se debe que se coloree metacromáticamente. El sulfato de condroitina es el mucopolisacárido natural más accesible; es uno de los mayores o principales constituyentes de la substancia intercelular de cartílagos, tendones, grandes vasos sanguíneos y tejidos conectivos en general que, por consiguiente, se tiñen metacromáticamente.

Los mucopolisacáridos tienen asignada una función arquitectural en los tejidos. El modo más directo de desarrollar el tamaño y la viscosidad es polimerizando hexosas y manteniéndolas en agua para formar un medio refringente, como el humor vítreo del ojo y el flúido sinovial de las articulaciones, o bien la substancia no diferenciada de los espacios intercelulares.

Se ha dicho que las células del tejido conectivo segregan dentro de los espacios de los tejidos de su alrededor ácido hialurónico y un sulfato de condroitina, además de un precursor del colágeno. Mediante acidificación local en la proximidad de las células, se producen las primeras fibras por la acción de los polisacáridos sobre el colágeno, permaneciendo estos polisacáridos como una cubierta sobre la superficie de las fibras. La producción del mucopolisacárido es probablemente un proceso continuo en los tejidos metabólicamente activos, como la piel.

Cualquier substancia que actúe químicamente sobre los mucopolisacáridos alterará la naturaleza física de la substancia de sostén, afectando su viscosidad y, en consecuencia, su permeabilidad. Ciertas enzimas mucolíticas encontradas en los tejidos animales actúan sobre los mucopolisacáridos rompiendo los enlaces químicos de las grandes moléculas polisacáridas asimétricas, con lo que de este modo se aumenta grandemente la permeabilidad del tejido al reducir su viscosidad. La primera fase de este proceso es una despolimerización, y la destrucción final tiene todo el carácter de una hidrólisis. Esta reducción a moléculas más sencillas origina un cambio físico en la substancia de sostén, que se hace menos viscosa y más permeable. La enzima con ácido hialurónico por substrato se denomina hialuronidasa, pero por lo mismo que su acción no es específica, ya que puede asimismo destruir los mucopolisacáridos que contienen sulfato, es probable que la hialurodinasa contenga varias enzimas mucolíticas. A causa de su notable poder de aumentar la permeabilidad de los tejidos, a estas enzimas se les da el nombre de 'factores de difusión'.

La hialuronidasa se encuentra en varios tejidos y órganos y se ha demostrado la actividad enzimática de difusión en extractos de testículos, bazo, cuerpo ciliar y de iris. El veneno de la víbora y el de la abeja poseen tal actividad, que también encontramos en ciertas bacterias patógenas. Las enzimas mucolíticas *in vitro* parecen ejercer su actividad en tres fases: (*a*) una separación del residuo proteínico, (*b*) una rápida acción despolimerizadora sobre el polisacárido con disminución de la viscosidad de las soluciones acuosas, y (*c*) una parcial o completa acción hidrolítica con liberación de N-acetil-*D*-glucosamina y ácido *D*-glucurónico. Esta actividad puede ensayarse *in vitro* mediante métodos físico-químicos, tres de los cuales se indican a continuación:

1. *Método de reducción de la viscosidad.* Se define una unidad de la enzima como la cantidad necesaria para reducir en 30 minutos al 50% la viscosidad de la mezcla del substrato.
2. *Método de prevención de la coagulación mucínica.* El ácido hialurónico en una solución ácida con proteína se precipita formando un típico coágulo mucínico. La incubación con hialuronidasa primero reduce el coágulo y finalmente el precipitado se aclara.
3. *Método turbidimétrico.* Este método se basa en el hecho de que el ácido hialurónico

polimerizado forma una solución clara con suero diluído, al paso que el hialuronato puro es turbio.

La actividad *in vivo* puede ensayarse con el empleo de la 'reacción de difusión' inyectando subcutáneamente un colorante o tinta china. Normalmente, después de semejante inyección queda una ampolla o vejiga y la tinta se difunde muy lentamente. Si la hialuronidasa u otro factor de difusión se inyecta junto con la tinta, la vejiga se deshincha enseguida y la tinta se extiende por la piel como un líquido cualquiera derramado sobre papel secante. Si el animal, generalmente un conejo, es muerto a los 20 minutos de la inyección, la dosis mínima de difusión es la menor cantidad de enzima que producirá un 20% de aumento en el promedio del área de difusión. Si se sacrifican los animales 24 horas después de la inyección, se constata que la tinta penetró dentro de la aponeurosis y aun en el interior del músculo subyacente del lugar inyectado. Es posible obtener esta reacción mediante otros agentes no específicos.

El ácido hialurónico se ha extraído de los humores vítreo y acuoso de varios animales y la hialuronidasa es obtenida del cuerpo ciliar y del iris de los ojos. Hay pruebas de que la producción constante de ácido hialurónico en el ojo y su desaparición simultánea se deben presumiblemente a una hidrólisis enzimática. Es muy posible que a este proceso incumba de algún modo el mantenimiento de la presión en la tensión normal del globo del ojo. El aumento anormal en la tensión intraocular que ocasiona el estado conocido con el nombre de glaucoma, puede muy bien relacionarse con cierto trastorno en el sistema ácido hialurónico e hialuronidasa. El polisacárido de la substancia básica de la córnea (sulfato del ácido hialurónico) presenta coloración metacromática en virtud del radical del ácido sulfúrico. Los medios refringentes del ojo (córnea, cristalino y humores acuoso y vítreo) son avasculares y el proceso continuo de formación y destrucción de los polisacáridos de su substancia básica puede tener un significado nutricional. Cabe obtener de la piel grandes cantidades de ácido hialurónico y sulfato de condroitina. Encontramos también en la misma piel una gran concentración de hialuronidasa que hace suponer una bastante rápida producción y destrucción de ácido hialurónico. Se ha comprobado que después de inyectar el factor de difusión se reconstruye la capa-límite de la piel con la producción de nuevo ácido hialurónico, siendo completa su restauración a las 48 horas. Ciertas hormonas influyen en este resultado; por ejemplo, se dan cambios fásicos en la piel de los genitales de monos, que corresponden al ritmo sexual, y estos cambios suponen alteraciones en la cantidad y calidad de mucopolisacáridos de la piel. En la piel sexual turgescente del mandril, durante los ciclos menstruales, no hay líquido libre, sino el agua está unida al ácido hialurónico. Estos cambios pueden producirse experimentalmente con la inyección de la hormona apropiada.

La hialuronidasa se obtiene de los extractos de testículos, siendo los del toro la fuente normal. En la actualidad se sabe que la hialuronidasa se forma en los tubos seminíferos del testículo, en los que maduran los espermatozoos, desde donde es transportada al esperma. El óvulo al desprenderse del tubo de Falopio tiene una cubierta o cápsula formada por las células foliculares, adheridas entre sí mediante una substancia viscosa. Esta cápsula debe desaparecer antes que el espermatozoo macho penetre y fecunde el óvulo. A pesar de que únicamente un sólo espermatozoo fertiliza el óvulo, se acumulan a su alrededor gran número de ellos y desprenden la enzima previamente elaborada. En general, la concentración de hialuronidasa está supeditada al número de espermatozoos presentes. La substancia aglutinante que aprisiona la masa pegajosa de células alrededor del óvulo es un mucopolisacárido. La función de la hialuronidasa es actuar sobre este polisacárido, desprender y dispersar las células foliculares protectoras haciendo posible de este modo una pronta fecundación del óvulo. Por ejemplo, sin fertilización, es decir, en ausencia de hialuronidasa las células protectoras permanecen adheridas al óvulo de seis a ocho horas, mientras que se dispersan al cabo de dos horas con la fertilización, esto es, en presencia de la hialuronidasa. Los trabajos modernos han demostrado que el óptimo de viabilidad del óvulo es cuestión de unas horas, por lo tanto tiene gran importancia que no se retarde la fecundación. La ausencia de hialuronidasa en los testículos de pájaros, anfibios y reptiles está relacionada con la falta de cápsula de células foliculares alrededor de sus óvulos.

Es posible que la deficiencia de hialuronidasa es una causa accidental de esterilidad en el macho. Esto probablemente debe asociarse con una cantidad baja de espermatozoos, pero la deficiencia de enzimas que naturalmente se sigue, puede ser un factor importante. Se ha intentado en tales casos provocar un enlace fértil con la adición de hialuronidasa al semen deficiente, antes de acudir a la inseminación artificial, consiguiéndose algunos éxitos.

El cambio patológico en los tejidos conectivos

FIG
mic
la
gén
Ape
tub
pres
es
bab
hal
mer
célu
con
culi

FIG
za
(ep
tam
célu
pro
los
num
teji
La
se
mic
por
En
tiro
la
abo
afin
(×

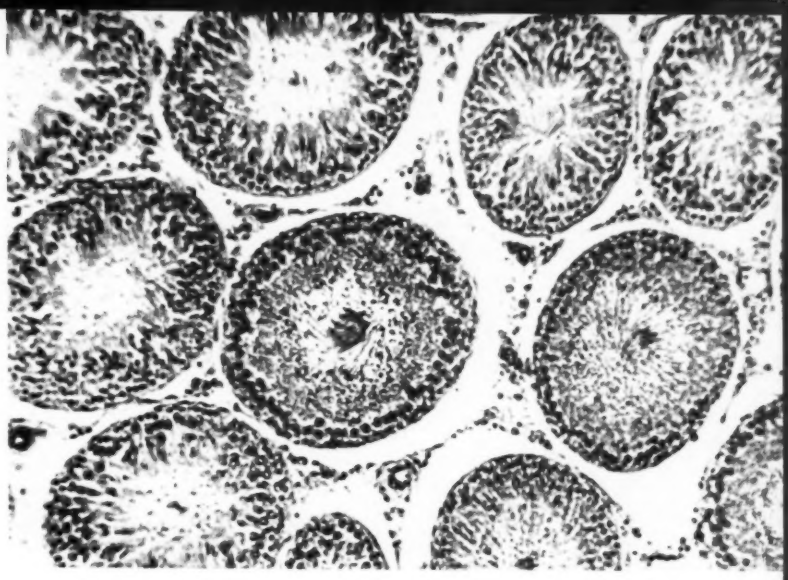


FIGURA 1 – *Sección de testículo. En este campo microscópico hay secciones de varios tubos seminíferos, la mayoría de los cuales muestran activa espermatogénesis (producción de células germinales masculinas). Aparte de esta función, incumbe a las células de los tubos seminíferos la producción de hialuronidasa, cuya presencia en el semen de la mayoría de los mamíferos es indispensable para la fecundación. Producen probablemente esta enzima las células de Sertoli que se hallan distribuídas en pequeño número entre los elementos germinales del tubo. Los pequeños grupos de células (células intersticiales) visibles en el tejido conectivo entre los tubos, producen la hormona masculina.* (× 110)

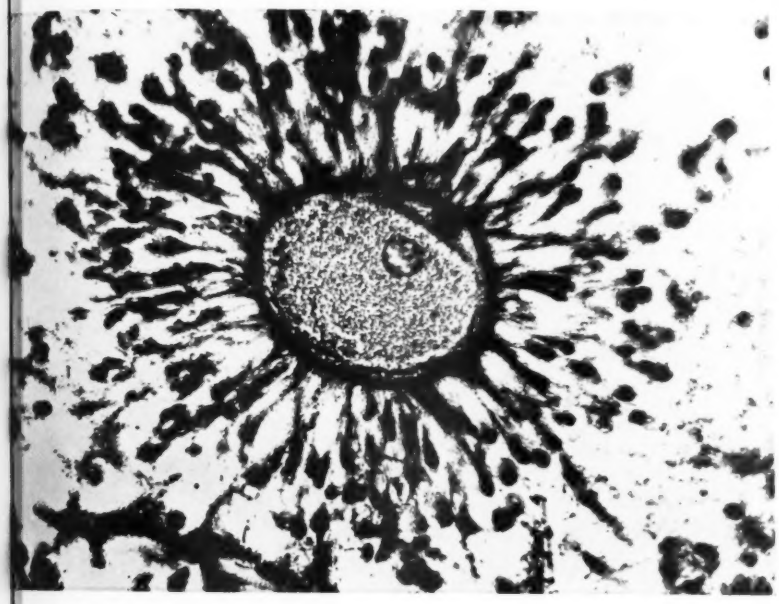


FIGURA 2 – *Sección de un óvulo desprendido recientemente (célula germinal femenina). El óvulo en esta fase está envuelto por varias capas de células más pequeñas procedentes del folículo ovárico. Como quiera que estas células podrían obstaculizar la fecundación, son expulsadas gradualmente por hidrólisis enzimática de la substancia intercelular aglutinante mediante la acción de la hialuronidasa que llevan consigo los espermatozoos.* (× 300)

FIGURA 3 – *Sección de piel. La superficie de la piel va cubierta por varias capas de células epiteliales (epidermis) estrechamente unidas, con muy poca substancia intercelular. Las capas más elevadas de estas células están cornificadas y en consecuencia la epidermis proteje las partes blandas inferiores (la dermis) contra los efectos mecánicos y químicos. La dermis contiene numerosas células de tejido conectivo y fibras del mismo tejido aprisionadas en una gelatina de ácido hialurónico. La cantidad de la substancia básica de ácido hialurónico se reduce perceptiblemente en el engrosamiento exoftálmico (aumento de actividad de la glándula tiroides) y por tanto la totalidad de la piel se hace más delgada. En el mixoedema (función reducida de la glándula tiroides) hay una acumulación de ácido hialurónico en la piel, la cual se hace más gruesa. Estas condiciones abonan por la importancia de la glándula tiroides en la afinidad entre el ácido hialurónico y la hialuronidasa.* (× 52)

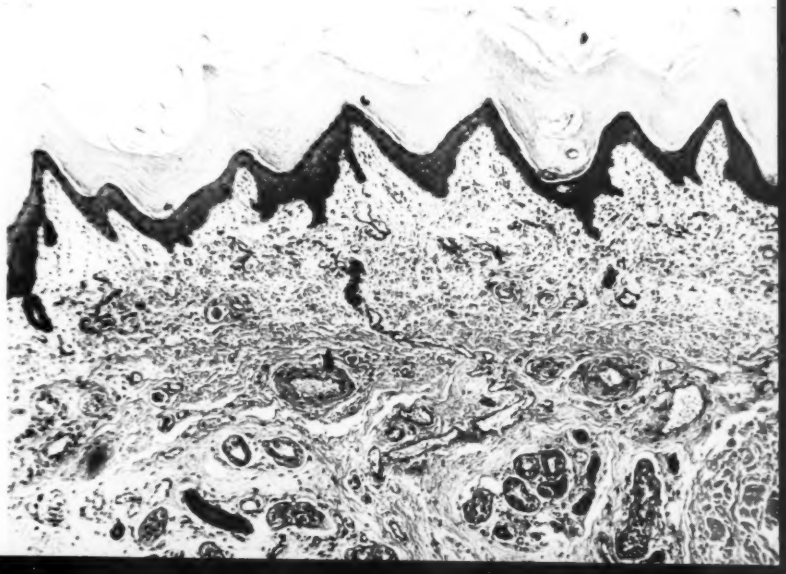


FIGURA 4 – *Fotografía de una oreja de conejo vista al trasluz para ilustrar los efectos de difusión producidos por la hialuronidasa 20 minutos después de inyectar subcutáneamente una cantidad igual de tinta china. La menor de las manchas oscuras es el resultado de la inyección de tinta china diluída en solución fisiológica, al par que la mayor está originada por la tinta china diluída en una solución de hialuronidasa.* (× 1,125)

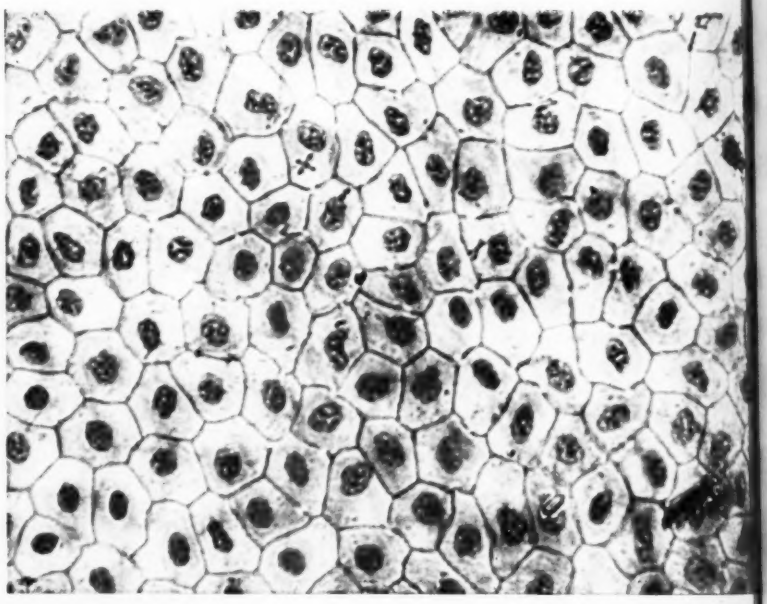


FIGURA 5 – *Vista superficial de las células endoteliales en la superficie posterior de la córnea. La substancia intercelular (especialmente teñida) forma tan sólo una delgada lámina aglutinante entre las células vecinas. La superficie anterior de la córnea está cubierta por varias capas de células epiteliales. La parte principal de la córnea está formada por una gelatina de sulfato de ácido hialurónico en la cual se incrustan las diseminadas células y fibras corneales. No existen vasos sanguíneos en la córnea ya que los mucopolisacáridos (sulfato de ácido hialurónico) mantienen una nutrición avascular.* (× 225)

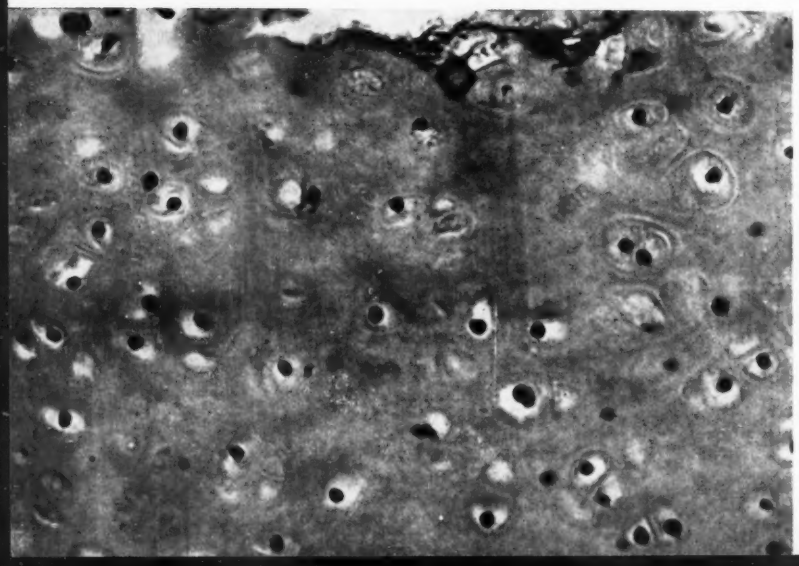


FIGURA 6 – *Sección de cartílago hialino. La substancia básica está constituída principalmente por un mucopolisacárido, ácido sulfúrico de condroitina. En esta substancia van aprisionadas algunas células cartilaginosas, con núcleos redondos y oscuros, y también fibras de formación previa. Estas últimas son invisibles a causa de la semejanza de su índice de refracción y el de la substancia básica. Se observa también, como en el caso de la córnea, ausencia completa de vasos sanguíneos. La hialuronidasa u otra enzima muy afín, actuando sobre el substrato de ácido sulfúrico de condroitina, puede regular el metabolismo de este tejido avascular. Hay motivos para creer que el desorden de la relación substrato-enzima puede ser la causa fundamental de muchos desórdenes reumatoides que afectan el cartílago y la cápsula de las articulaciones.* (× 262)

ejo vista
ión pro-
spués de
de tinta
esultado
solución
por la
omidasa.

constituye la lesión esencial en las enfermedades reumáticas, como la fiebre reumática aguda, artritis reumatoide y las grandes variedades y grados de fibrosis agrupados bajo la denominación general de reumatismo. Dichos cambios incluyen alteraciones en la calidad y cantidad de los mucopolisacáridos de la substancia básica. En las afecciones de las articulaciones el flúido sinovial contiene un exceso de ácido hialurónico. Trabajos recientes relacionados han probado que la cortisona (compuesto E, esteroide procedente de la corteza de la glándula suprarenal) y la hormona adreno-córtico-trófica (secreción de la glándula pituitaria que controla la de cortisona) pueden actuar protegiendo los tejidos conectivos contra los efectos de cualquier factor que haya trastornado las condiciones de la química normal de los mucopolisacáridos. Los cambios en los mucopolisacáridos desempeñan también un papel importante en la patología del endurecimiento y deterioro de las arterias.

La capacidad de aumentar la permeabilidad de los tejidos o su actividad de desarrollo la presentan también ciertos tipos de bacterias patógenas, particularmente los neumococos y los estreptococos hemolíticos que segregan un factor de difusión parecido a la hialuronidasa.

La permeabilidad de los tejidos conectivos regula en parte el desarrollo de la infección y controla el grado de la fuerza invasora de los organismos patógenos. Hasta cierto punto, por consiguiente, es capaz de determinar la susceptibilidad a la misma infección. Un animal con una gran permeabilidad en sus tejidos tiene una mayor susceptibilidad a cualquier infección para la que está la especie predispuesta, y viceversa. Por ejemplo, la experiencia demuestra que los jóvenes, con su mayor permeabilidad histológica, se infectan más gravemente que los adultos. Esto, desde luego, representa únicamente uno de los factores en la reacción contra la enfermedad. En condiciones experimentales, las bacterias y virus inyectados junto con un factor de difusión manifiestan un efecto primario local incrementado. Esto es enteramente cuantitativo y no crea condiciones nuevas ni sobrepuja la natural resistencia.

El ácido hialurónico, y probablemente los otros mucopolisacáridos, no son antigénicos. Cuando se inyectan en un animal, no estimulan o producen una reacción inmune, es decir, dejan de provocar la aparición de mecanismos de defensa normal entre los que se encuentran los anticuerpos mediante los cuales el organismo lucha contra la invasión de elementos extraños. Ciertas bacterias poseen una cubierta exterior formada con estos mucopolisacáridos no antigénicos; esto les proporciona una protección temporal contra las reacciones celulares y químicas del organismo invadido. Durante este período prosperan y medran y de este modo la presencia de la cápsula mucopolisacárida aumenta su virulencia.

Aun cuando los mucopolisacáridos no son antigénicos, las enzimas como la hialuronidasa lo son, y pueden producir antisueros capaces de eliminar *in vitro* y en seres vivientes la actividad de la enzima. Por ejemplo, si se inyectan en un conejo extractos de testículos de toro que contienen grandes cantidades de hialuronidasa, puede entonces extraerse del conejo el suero que elimina la capacidad de difusión de los extractos de hialuronidasa y impide la hidrólisis del ácido hialurónico. Estos antisueros son específicos a causa de su procedencia. Algunos efectos terapéuticos de los antisueros, en general, se deben en parte por lo menos a su capacidad de inhibir la difusión. Es también posible que algunos tipos de esterilidad atribuídos previamente a inmunidad espermática haya que achacarlos a la formación de un anticuerpo activo contra la hialuronidasa. En algunos de estos casos sospechosos se ha procedido a ensayar sus sueros contra la hialuronidasa de los testículos del toro para una mayor acción inhibitoria, obteniéndose resultado negativo. Considerando la especificidad de la hialuronidasa, esto es de poca importancia y los sueros requieren ser estudiados en su acción contra la hialuronidasa procedente de los testículos humanos.

Se ha empleado terapéuticamente la hialuronidasa para facilitar y apresurar la absorción del flúido de los tejidos subcutáneos. Normalmente hay una resistencia considerable por parte del tejido, lo que limita la velocidad con que puede inyectarse el flúido. Se dan inyecciones preliminares de hialuronidasa para acelerar la absorción de la solución fisiológica o de plasma administrados por inyección hipodérmica cuando es imposible la intravenosa. Los efectos de la hialuronidasa duran 24 horas.

La administración de 2,5 unidades de hialuronidasa hace posible la inyección subcutánea de medios de contraste para el examen con Rayos X de partes blandas como los riñones en donde la inyección intravenosa es dificultosa o contraindicada, como ocurre con frecuencia con los niños. Existen otras muchas posibilidades para el empleo terapéutico de la hialuronidasa.

Problemas químicos de las gomas y mucílagos vegetales

E. L. HIRST

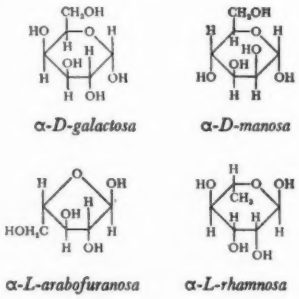
Gomas y mucílagos, su importancia comercial y sus funciones en la vida vegetal. Esquema de la investigación experimental sobre la estructura química de dichos polisacáridos, con ejemplos ilustrativos (goma arábiga). Característica común es el espinazo *D*-galactósico con cadenas laterales a otros residuos galactósicos. Los mucílagos parecen presentar mayor complejidad que las gomas. Sólo han podido establecerse las características generales de las fórmulas estructurales de estos compuestos.

Desde hace ya muchos siglos se sabe que ciertos árboles exudan por las heridas de la corteza nódulos de substancias gomosas que han sido utilizadas en las artes e industrias, aprovechando su capacidad de formar pastas viscosas, materiales espesantes y adhesivos. Además se usan grandes cantidades de goma tragacantos, producto de los arbustos *Astragalus*, y de goma india, del árbol *Sterculia*, y otras muchas más. Dichas substancias sirven para una gran variedad de fines, incluso el apresto, estampado y acabado de tejidos, la fabricación de papel, de colores al agua, de fósforos, tintas y productos farmacéuticos, y de ingredientes para la confitería. Presentan una gran diversidad de propiedades físicas y químicas, cuya investigación científica ha revelado numerosos problemas de importancia para el biólogo y el químico.

Los mucílagos se hallan muy repartidos en el reino vegetal, dándose en las membranas secundarias, en el material intercelular, y en el contenido celular. Existen en la raíz, corteza, hojas, tallos, flores, endosperma, en las substancias envolventes de las semillas, y en ciertas células especiales de algunos bulbos. Su función es muy variada: en algunos casos son reservas alimenticias, en otros realizan funciones muy especializadas. Por ejemplo, es probable que las propiedades físicas de ciertos mucílagos les permitan actuar como depósitos de agua de ciertas plantas que crecen en condiciones de gran sequedad; las envolturas mucilaginosas de la semilla pueden tener una función semejante durante la germinación.

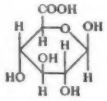
Los mucílagos son productos metabólicos normales, a diferencia de las gomas vegetales que se forman generalmente como reacción a una lesión, como el corte que se ocasiona en la acacia para provocar la exudación de goma. Se ha investigado el proceso de formación de esta substancia en dichas condiciones, y parece ser producto de una transformación del almidón y otras substancias de reserva, exudadas bajo forma de una solución acuosa y flúida que, a su vez, se endurece para formar una capa protectora sobre la región herida. Se ha sostenido que la goma es producida en realidad por las bacterias invasoras, pero hay pocas pruebas para ello y los resultados de las investigaciones químicas más recientes se oponen a dicha doctrina. La estructura química de las gomas vegetales es tan específica que algunos investigadores opinan que el conocimiento de la naturaleza química de una goma cualquiera permitiría la identificación de la especie y hasta de la variedad de la planta productora.

Tanto en su estructura molecular como en su capacidad de producir soluciones viscosas, las gomas solubles en el agua se asemejan mucho a los mucílagos vegetales, y es conveniente, por tanto, revisar las propiedades de ambos grupos, a pesar de las marcadas diferencias en sus funciones biológicas.

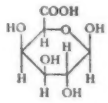


Con relación a su estructura química, las gomas y los mucílagos vegetales son polisacáridos complejos de elevado peso molecular, y se hallan formados generalmente por la unión de residuos de azúcar de distintas clases. Por ejemplo, la

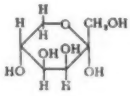
molécula de la goma arábiga contiene *D*-galactosa, *L*-rhamnosa, *L*-arabinosa, y ácido *D*-glucurónico. Otros residuos de azúcar de frecuente presencia en gomas y mucílagos son *D*-xilosa y *D*-manosa. En general, el ácido *D*-glucurónico es característico de las gomas, siendo substituído en los mucílagos por el ácido *D*-galacturónico, pero dicha regla no es invariable. Se encuentran a veces azúcares muy raros, como por ejemplo en la goma del árbol *Sterculia setigera*, que contiene el azúcar ketosa *D*-tagatosa, el único caso conocido de su existencia en un producto natural. La estructura de numerosas gomas y mucílagos se complica aún más a causa de la presencia de derivados acetilados y metilados de los residuos de azúcar. Como ilustración de ello tenemos el interesante mucílago obtenible del olmo (*Ulmus fulva*). Además de la *D*-galactosa, el ácido *D*-galacturónico y la *D*-rhamnosa, dicho mucílago contiene residuos de 3-metil-*D*-galactosa.



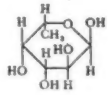
Acido β-D-glucurónico



Acido β-D-galacturónico



α-D-tagatosa



α-L-fucosa

El estudio de las gomas y mucílagos vegetales nos conduce directamente a ciertos problemas fundamentales de la química de los carbohidratos, a saber: el proceso mediante el cual los productos primarios de la fotosíntesis, que parecen basarse en la *D*-glucosa, se transforman en otras hexosas (*v.g.*: *D*-galactosa, *D*-manosa); ácidos urónicos (ácido *D*-glucurónico, ácido *D*-galacturónico); pentosas metílicas (*L*-rhamnosa, *L*-fucosa); y azúcares pentósicos (*D*-xilosa, *L*-arabinosa, *D*-ribosa). Es posible que un examen estructural detallado de los miembros del grupo arrojase luz sobre problemas tan difíciles; y en efecto ya se han obtenido algunos resultados. Por ejemplo, es ya casi seguro que la transformación de *D*-galactosa en *L*-arabinosa no se produce en las moléculas poliméricas, a pesar de la estrecha relación estereoquímica de dichos azúcares, lo cual se aplica también a la transformación de *D*-glucosa en *D*-xilosa [1]. Sin embargo, falta averiguar si se trata de una transformación enzímica directa de las moléculas de la hexosa monomérica en los ácidos urónicos correspondientes y luego en las pentosas, o si la molécula de hexosa se desintegra primero en triosas, como en la fermentación alcohólica, para reconstruirse después.

TABLA I

Composición de ciertas gomas vegetales y mucílagos

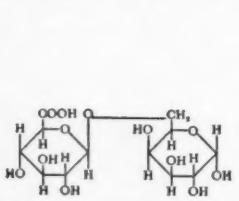
Substancia	*Residuos sacáridos presentes*
Goma arábiga	Glu, G, R, A
Goma del cerezo ..	Glu, G, M, A, X
Goma del ciruelo damasceno	Glu, G, M, A, X
Goma del ciruelo amarillo	Glu, G, A, X
Goma del mezquite ..	Glu, G, A, y 4-metil glucosa
Goma tragacantos ..	Gal, G, F, A, X
Goma de *Sterculia setigera*	Gal, G, R, y D-tagatosa
Mucílago del grano de linaza	Gal, G, R, X
Mucílago del grano del mastuerzo	Gal, G, R, X, A
Mucílagos de las semillas de *Plantago psyllium* y *P. fastigiata*	Gal, A, X
Mucílago de la semilla de *Plantago arenaria*	Gal, G, A, X
Mucílago de la corteza de *Ulmus fulva*	Gal, G, R, y 3-metil-*D*-galactosa
Musgo de Irlanda ..	G y sulfato
Fucoidina	F y sulfato
Agar-agar	G, L, y sulfato
Laminarina	*D*-glucosa
Acido algínico	Acido *D*-manurónico

CLAVE

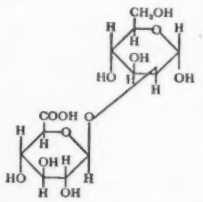
Glu	= ácido *D*-glucurónico	F	= *L*-fucosa
Gal	= ácido *D*-galacturónico	A	= *L*-arabofuranosa
G	= *D*-galactopiranosa	X	= *D*-xilopiranosa
M	= *D*-manopiranosa	L	= *L*-galactosa
R	= *L*-rhamnopiranosa		

Hay pues numerosos motivos para el estudio de estas substancias complejas, con el estímulo adicional de su semejanza estructural a los polisacáridos bacterianos, tan importantes en la quemoterapia. Los problemas aquí implicados son, con todo, de los más difíciles en la rama toda de la química de los carbohidratos. En comparación, el estudio de la celulosa y del almidón pueden considerarse simples, ya que dichos polisacáridos, con toda su complejidad, producen en su hidrólisis sólo un azúcar. Pero las gomas y mucílagos contienen por lo general diversos residuos, y es necesario descubrir el orden en que se encuentran éstos en la molécula, presentándonos problemas semejantes a los que se dan en la química protéica. Es más, un residuo de hexosa puede hallarse presente en una goma como un glicosido α o β, en la

forma anular piranósica o furanósica, y puede combinarse por medio de sus grupos oxhidrilo con uno, dos, tres o cuatro residuos más. Hay por tanto numerosas posibilidades estructurales para cada residuo hexosa, y el número de residuos pentósicos y urónicos ácidos es casi tan formidable. Por fortuna se han observado ciertas regularidades que simplifican algo el problema de determinar el lugar y estructura de cada residuo, pero no es sorprendente hallar que hasta ahora no es posible asignar una fórmula única a ningún residuo, aunque en varios casos se han determinado ya las líneas generales de su estructura.



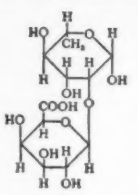
6-β-D-glucuronosido-D-galactosa



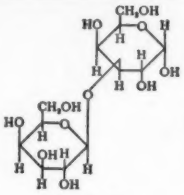
2-β-D-glucuronosido-D-manosa

En la investigación estructural de las gomas y mucílagos, luego de los trabajos preliminares para asegurar la pureza y homogeneidad del material investigado, se hidroliza el polisacárido con un ácido a fin de averiguar la naturaleza de los azúcares constituyentes y sus proporciones relativas. La cromatografía es ayuda muy útil en este trabajo, tanto para la identificación como para la determinación cuantitativa. Afortunadamente, la mayoría de las gomas contienen grupos residuales relativamente resistentes a la hidrólisis, y su aislamiento e identificación es el primer paso en el conocimiento de la estructura molecular. Por ejemplo, el ácido aldobiurónico, 6-β-*D*-glucuronosido-*D*-galactosa, ha sido extraído de la goma arábiga. La goma del ciruelo damasceno y del cerezo han producido 2-*D*-glucuronosido-*D*-manosa, mientras que el ácido aldobiurónico del mucílago del olmo y de la semilla de la linaza es 2-*D*-galacturonosido-*L*-rhamnosa. A veces, los disacáridos resistentes a la hidrólisis pueden aislarse y suministrarnos otras pruebas sobre los enlaces interresiduales. Son ejemplos típicos la 3-*D*-galactosido-*D*-galactosa y la 3-*D*-galactosido-*L*-arabinosa, ambas obtenibles de la goma arábiga.

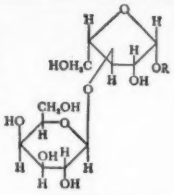
Los residuos arabinósicos se hallan usualmente presentes en la forma furanósica lábil y pueden extraerse fácilmente por hidrólisis en condiciones moderadas, dejando una goma degradada que, aunque más simple, es también un alto polímero. Sus oxhidrilos libres pueden transformarse en



2-β-D-galacturonosido-L-rhamnosa



3-β-D-galactosido-D-galactosa



Glicosido de 3-β-D-galactosido-L-arabofuranosa

éteres metílicos estables por medios corrientes, y el polisacárido totalmente metilado produce al hidrolizarse una mezcla compleja de monosas parcialmente metiladas que pueden identificarse y valorarse por medios cromatográficos. Los oxhidrilos libres de tales azúcares señalan los puntos por los que se enlazan en el polímero los diversos residuos, pero estos experimentos no indican su orden. Se pueden obtener más datos comparando dichos productos de hidrolización con los que se obtienen del derivado metilado de la goma originaria no degradada, suplementándose con pruebas tomadas de la oxidación de los polisacáridos por ácido peryódico. Este reagente ataca todo residuo que contenga oxhidrilos libres en átomos contiguos de carbono, pero no afecta a los que poseen enlaces que no admiten la presencia de agrupamientos glicólicos:

$$\text{R.CHOH-CHOH-R}' \rightleftharpoons \text{R.CHO} + \text{R}'.\text{CHO}.$$

Con dichos datos puede hacerse posible formular las características principales de la estructura molecular de la goma o mucílago con cierta precisión, pudiendo también investigarse el tamaño absoluto de la macromolécula por métodos físicos tales como la determinación de la presión osmótica, sedimentación en la ultra-centrífuga, y dispersión luminosa en solución. Si la molécula es larga y de forma regular, como en los ácidos algínico y péctico, los Rayos X pueden suministrarnos valiosa información.

La goma arábiga, sobre la que se han realizado varias y detalladas investigaciones, puede citarse como ejemplo de los resultados obtenidos en la determinación estructural de este grupo. Ya se ha mencionado que la hidrólisis parcial de la goma produce un ácido aldobiurónico y dos disacáridos, todos de estructura conocida. Es más, los experimentos de metilación han mostrado que la goma *degradada* está formada de los siguientes residuos:

G1 . . . (1 mol.); . . . 6G1 . . . (5 mols);

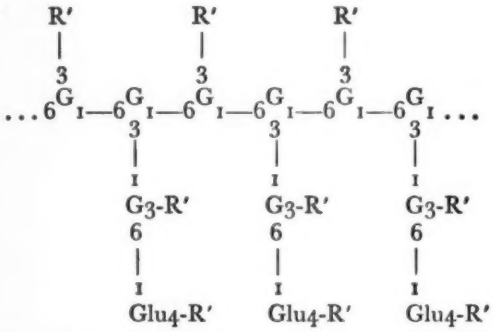
. . . $6G^{1\,\cdots}_{3\,\cdots}$ (3 mols); Glu 1 . . . (3 mols).

(G1 . . . indica una *D*-galactopiranosa enlazada por su primer átomo C; 6G1, un residuo similar enlazado por C_1 y C_6, etc. Glu significa un residuo ácido *D*-glucurónico). En la goma originaria, los residuos presentes son:

$$G1\ldots;\ldots 6G^{1\ldots}_{3\ldots};\ R1\ldots;\ A1\ldots;$$

$$A^{1\ldots}_{3\ldots};\ Glu\ 1\ldots;\ Glu\ ^{1\ldots}_{4\ldots}.$$

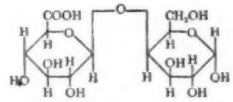
(R = residuo *L*-rhamnopiranosa; A = residuo *L*-arabofuranosa). A partir de esos datos, F. Smith [2] propuso una posible fórmula para la goma arábiga que, aunque no es la única que se acopla a los datos probados, muestra con precisión las características principales; las demás variantes posibles lo son sólo de detalle.



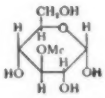
Una de las fórmulas posibles para la goma arábiga. Residuos: G = D-galactosa; Glu = ácido D-glucurónico; R' = L-rhamnosa o L-arabofuranosa, o 3-β-D-galactosido-L-arabofuranosa.

Se observará que la estructura consiste de un espinazo continuo de *D*-galactosa al que se enlazan numerosas cadenas laterales que contienen otros residuos galactósicos, junto con la rhamnosa, arabinosa y ácido glucurónico. Es aún prematuro hacer generalizaciones, pero existen ya ciertas pruebas de que dicho espinazo galactósico es muy común en otros compuestos. Parece hallarse también en la goma damascénica [3], que se halla relacionada en su estructura general a la goma arábiga, aunque contiene *D*-xilosa y *D*-manosa pero no *L*-rhamnosa. Existen, sin embargo, diferencias estructurales importantes, ya que el ácido aldobiurónico de la goma damascénica (2-*D*-glucuronosido-*D*-manosa) posee un enlace 1,2. El examen de la goma metilada ha revelado la presencia de 10 clases distintas de residuos sacáridos, cuando menos, y aunque la característica principal parece ser de nuevo una cadena de residuos *D*-galactósicos, no es sorprendente que no sea aún posible proponer una estructura molecular precisa. La goma del cerezo [3] tiene estrecha semejanza con la anterior, siendo todavía más compleja; produce el mismo ácido aldobiurónico, pero comparada con la damascénica contiene más residuos *D*-xilósicos y *L*-arabinósicos.

Un examen preliminar de la goma del limón y del toronjo ofrece todavía otro tipo de ácido aldobiurónico: 4-*D*-glucuronosido-*D*-galactosa, y la diversidad estructural se acentúa aún más con la goma del mezquite [5] que da dos ácidos: 4-β-*D*-glucuronosido-*D*-galactosa y un éter monometílico de 6-β-*D*-glucuronosido-*D*-galactosa.



4-β-D-glucuronosido-D-galactosa



3-metil-galactosa

La goma tragacantos, de importancia industrial, es una mezcla de un polisacárido neutro, posiblemente un arabán, y una porción acídica que se parece a los mucílagos en que contiene residuos ácido-*D*-galacturónicos, en lugar del ácido glucurónico comunmente hallado en las gomas. Los experimentos de metilación [6] han revelado su estructura general, formada de residuos de

$$F1\ldots;\ X1\ldots;\ X^{1\ldots}_{2\ldots};\ Gal\ ^{1\ldots}_{4\ldots};$$

junto con otros residuos galacturónicos de triple enlace (F = *L*-fucosa, X = *D*-xilosa, Gal = ácido *D*-galacturónico).

Los mucílagos vegetales poseen estructuras moleculares del mismo tipo general. Pueden clasificarse convenientemente en tres grandes grupos: (*a*) polisacáridos neutros de elevado peso molecular que contienen uno o más tipos de residuo sacárido, pero no ácido urónico; (*b*) polisacáridos acídicos semejantes a las gomas, pero por lo general con ácido *D*-galacturónico como residuo acídico; y (*c*) polisacáridos de estructura compleja y elevado peso molecular, con ésteres sulfatados, hallados frecuentemente en las algas.

Se han aislado muchos de éstos, y tienen claramente gran interés biológico, pero todavía se desconoce en detalle su estructura. En este artículo sólo mencionaremos brevemente uno o dos ejemplos típicos. Uno de los más simples es el *Salep Mannan*, extraído del tubérculo de una de las *Orchidaceae*; parece ser un polímero lineal

de los residuos manopiranósicos enlazados 1,4

$$(\ldots 4\text{—}1M4\text{—}1M4\ldots).$$

La goma *gatto* [7] (mucílago de *Ceratonia siliqua*) es más compleja y está compuesta de los residuos siguientes:

$$G1\ldots(1\text{ parte}),\ M^{1\ldots}_{4\ldots}\ (4\text{ partes}),$$

$$y\ldots 6M^{1\ldots}_{4\ldots}\ (1\text{ parte}).$$

Una de las estructuras moleculares posibles de este mucílago es por tanto:

$$\begin{array}{c} G1 \\ | \\ 6 \\ \ldots\left(4M1\text{—}4M1\text{—}4M1\text{—}4M1\text{—}4M1\right)_x\ldots \end{array}$$

El mucílago de *Medicago sativa* también consiste de residuos *D*-galactósicos y *D*-manósicos, pero su estructura es más complicada ya que se hallan presentes dos tipos de residuos galactósicos y el mucílago se distingue de la goma *gatto* en que no contiene residuos manósicos con enlaces 1,4. En otros mucílagos neutros, la *L*-arabinosa se halla presente en elevada proporción, junto con *D*-galactosa.

Aún encontramos mayor complejidad en los mucílagos del grupo (*b*), de los que se han estudiado algunos en detalle. Se hallan ejemplos de gran interés en los mucílagos de las semillas de diversas especies de *Plantago*. Todos contienen ácido *D*-galacturónico pero presentan notables diferencias en el detalle de su estructura entre las especies. El mucílago de *P. arenaria* contiene *D*-xilosa, *D*-galactosa, y *L*-arabinosa; el de *P. lanceolata*, *D*-galactosa, *L*-rhamnosa, y *D*-xilosa; y los de *P. psyllium* y *P. fastigiata* contienen *L*-arabinosa y *D*-galactosa. Los experimentos de metilación realizados con los mucílagos de *P. lanceolata* y *P. arenaria* han revelado una desconcertante complejidad estructural, con los residuos xilósicos como puntos de bifurcación en una molécula extraordinariamente ramificada [8].

Algunos mucílagos de este grupo, como el de la semilla del membrillo y el de la de la mostaza blanca (*Sinapis alba* Linn.) se dan en la planta combinados con celulosa, siendo el compuesto soluble en el agua. El mucílago del grano de linaza produce, mediante la hidrólisis parcial, el ácido aldobiurónico 2-*D*-galacturonosido-*L*-rhamnosa, que se da también en la goma de *Sterculia setigera* y en el mucílago de la corteza de *Ulmus fulva*. Este ha sido estudiado por el proceso de metilación y se sabe que se hallan en él presentes los residuos de

$$Gal\,1\ldots;\ Gal^{1\ldots}_{4\ldots};\ G1\ldots;\ G^{1\ldots}_{3\ldots};$$

$$G^{1\ldots}_{4\ldots};\ R^{1\ldots}_{2\ldots};\ R2^{1\ldots}_{3\ldots}$$

además de los residuos de 3-metilgalactosa, pero aun no puede atribuírsele una estructura determinada [9].

El estudio de los mucílagos algales, que contienen agrupamientos estéricos sulfatados, presenta especiales dificultades. El mejor conocido contiene residuos galactósicos sulfatados (agar-agar de las especies *Gelidium* y *Gracilara* spp.; musgo de Irlanda de *Chondrus crispus*) o residuos fucósidos sulfatados (fucoidina de *Laminaria* y *Fucus*). Hay motivos para suponer que en el mucílago del musgo de Irlanda el residuo de ácido sulfúrico se halla enlazado a C_4 de un residuo galactósico, y que la característica esencial de la estructura molecular es un espinazo de residuos galactósicos de enlace 1,3, semejante al de las gomas vegetales [10]. El mucílago del alga marina *Gigartina stellata* contiene probablemente un espinazo galactósico con cadenas laterales [11]. Se sabe que el agar-agar contiene residuos *D*-galactósicos de enlaces 1,3, pero al hidrolizarse dicha substancia produce también *L*-galactosa, y es posible obtener del agar-agar plenamente metilado derivados de 3 : 6-anhidro-*L*-galactosa [12].

Como ejemplo final elegimos el mucílago — interesante y desusado — llamado laminarina [13] que se da en *Laminaria*, junto con ácido algínico y manitol. Consiste exclusivamente de residuos de *D*-glucosa, algunos posiblemente sulfatados, y es interesante constatar que de nuevo encontramos aquí los enlaces 1,3 tan frecuentes en los polisacáridos algales. Las principales características de su estructura están representadas en la formula:

$$\ldots 3G^*1\text{—}3G^*1\text{—}3G^*1\ldots$$

$$(G^* = \text{residuo } D\text{-glucopiranosa})$$

Es notable que la propiedad de «gomosidad» se encuentre en tantas substancias de diversa estructura química; hasta ahora sólo se puede dar una explicación parcial de dicho fenómeno. Es probable que para que una substancia soluble en el agua posea dicha gomosidad tenga que contener grupos oxhidrilos capaces de formar enlaces hidrogénicos con las moléculas de agua, mientras que, al mismo tiempo, la geometría molecular debe ser tal que las moléculas no puedan realinearse

estrechamente entre sí en un orden regular. Cuando esto sucede, como en el caso de las moléculas filosas y sin ramificaciones de la celulosa, el enlace hidrogénico intermolecular resulta en la formación de una substancia insoluble que puede ser dispersada únicamente por un solvente que tenga una más fuerte afinidad por los grupos oxhidrilos. Se sabe, sin embargo, que la perturbación del orden geométrico de la celulosa, ocasionada por la introducción de una pequeña proporción de grupos substitutivos de más volumen, resulta en la formación de derivados celulósicos solubles en el agua. Hemos visto que la mayoría de las gomas y mucílagos contienen estructuras de gran ramificación, cuyos grupos oxhidrilos están idealmente situados para enlazarse con las moléculas del agua, y aun en los casos más simples no existe la posibilidad de formación de un compacto orden geométrico con enlaces hidrogénicos intermoleculares, como se da en la celulosa. En consecuencia, las gomas permanecen marcadamente hidratadas aun en las más concentradas soluciones. Con todo, tiene que haber ciertos enlaces hidrogénicos intermoleculares entre las moléculas mismas de la goma (no muy pronunciados en soluciones altamente diluídas) que tiendan a producir una estructura de creciente rigidez al ir desapareciendo el agua, y es muy posible que la explicación de las propiedades físicas características de las gomas y mucílagos se encuentre en la delicada interrelación entre esas dos reacciones opuestas.

BIBLIOGRAFIA

Artículo General: JONES, J. K. N., y SMITH, F. *Advances in Carbohydrate Chemistry*, **4**, 243, 1949.

[1] HIRST, E. L. *J. Chem. Soc.*, 522, 1949.

[2] SMITH, F. *Ibid.*, 1724, 1939; 1035, 1940.

[3] HIRST, E. L., y JONES, J. K. N. *Ibid.*, 506, 1946.
JONES, J. K. N. *Ibid.*, 1055, 1947.

[4] BROWN, F., HIRST, E. L., y JONES, J. K. N. *Ibid.*, 1757, 1949.

[5] WHITE, E. V. *J. Amer. Chem. Soc.*, **69**, 622, 1947; **70**, 367, 1948.
CUNNEEN, J. I., y SMITH, F. *J. Chem. Soc.*, 1146, 1948.

[6] JAMES, S. P., y SMITH, F. *Ibid.*, 749, 1945.

[7] HIRST, E. L., y JONES, J. K. N. *Ibid.*, 1278, 1948.
SMITH, F. *J. Amer. Chem. Soc.*, **70**, 3249, 1948.

[8] PERCIVAL, E. G. V., y WILLOX, I. C. *J. Chem. Soc.*, 1608, 1949.
LAIDLAW, R. A., y PERCIVAL, E. G. V. *Ibid.* 1600, 1949.

[9] ANDERSON, E. *J. biol. Chem.*, **104**, 163, 1934.
GILL, R. E., HIRST, E. L., y JONES, J. K. N. *J. Chem. Soc.*, 1025, 1946.

[10] BUCHANAN, J., PERCIVAL, E. E., y PERCIVAL, E. G. V. *Ibid.*, 51, 1943.

[11] DEWAR, E. T., y PERCIVAL, E. G. V. *J. Chem. Soc.*, 1622, 1947.

[12] PERCIVAL, E. G. V., y THOMSON, T. G. H. *Ibid.*, 750, 1942.
JONES, W. G. M., y PEAT, S. *Ibid.*, 225, 1942.

[13] BARRY, V. C. *Sci. Proc. R. Dublin Soc.*, **21**, 615, 1938; *Nature*, **152**, 538, 1943.
DILLON, T. *Ibid.*, **155**, 546, 1945.
CONNELL, J. J., HIRST, E. L., y PERCIVAL, E. G. V. *J. Chem. Soc.*, 3494, 1950.

Revista de libros

BIOLOGIA

BUTLER, J. A. V. *Man is a Microcosm.* 151 págs., con varias ilustraciones a línea y medio tono. Macmillan and Company Limited, Londres. 1950. 10s. 6d.

El Dr. Butler ha escrito un estudio de admirable claridad, equilibrio y actualidad sobre la moderna aplicación de la Física y la Química a la vida de los organismos y del hombre, y sus consecuencias sobre nuestro concepto de lo que sea éste. Comenzando con el estudio de la Química protéica, continúa con las enzimas, vitaminas, hormonas, viruses, y genes, indicando su función en el mantenimiento del organismo vivo, en su desarrollo y crecimiento, reproducción, y acción de músculos, nervios y cerebro. Revisa los escasos conocimientos que sobre el origen de la vida poseemos, iluminándolos con el símil — tan de moda hoy — entre el cerebro y la máquina calculadora, y concluye con un capítulo sobre la estatura humana.

El propósito del autor es sugerir la noción de la inmensa complejidad y sabiduría que encierra el funcionamiento de los organismos vivos, tal como hoy los concebimos, a fin de corregir la doctrina derivada (ilógicamente) de la Física del pasado siglo de que el hombre es un ser insignificante, ya que vive en un planeta que no tiene importancia astronómica, un mero grano de polvo en la inmensidad del universo. El Dr. Butler señala que «el equilibrio puede restablecerse mediante

los estudios complementarios sobre los organismos vivos que, al revelar en sí una contextura tan rica como es vasta la del Universo, pueden hacernos comprender de nuevo que existe una profunda relación entre nosotros y el universo en que existimos. Libro serio y estimulante éste, útil tanto para el científico como para el lector general.

E. F. CALDIN

WAKSMAN, SELMAN A. *The Actinomycetes.* XVIII + 230 págs., con 36 ilustraciones a medio tono y 9 dibujos a línea. Chronica Botanica Limited, Waltham, Mass., U.S.A. 1950. $5.

Cuando el Dr. Waksman aisló la serie de antibióticos entre los que destaca como más sobresaliente la estreptomicina, sacó de la oscuridad a la luz en un instante a los actinomicetos. Hoy, el cultivo de tales microrganismos se ha convertido en una importante industria, haciéndose necesario el conocimiento práctico de su morfología, clasificación y necesidades nutricionales. Sin embargo, en este libro, su autor no da excesiva importancia a la producción de antibióticos, que es objeto de estudio — breve, pero magistral — en las 26 páginas del capítulo 7. Los anteriores capítulos ofrecen un estudio equilibrado de la taxonomía, morfología, y metabolismo de dicho grupo, junto con un estudio más detallado de siete especies seleccionadas. Otras 40 páginas más resumen la literatura sobre la distribución y acción de los actinomicetos en la naturaleza, y el papel que representan en la inducción de enfermedades vegetales y animales.

La presentación de la obra tiene ciertos defectos, tales como el diminuto tipo de la letra de encabezamiento de las tablas, y el papel brillante, tan fatigador para la vista, innecesario para la calidad de las fotografías reproducidas, pero dichos defectos son sólo faltas menores en una obra en que en cada página podemos encontrar pruebas de la autoridad del investigador que la ha escrito.

R. W. MARSH

FISICA

CHANDRASEKHAR, S. *Radiative Transfer.* XIV + 393 págs., con varios diagramas a línea. Clarendon Press, Oxford. 1950. 35s.

Problema típico es el cálculo de las propiedades de la radiación de reflexión y transmisión difusas si la radiación es incidente en una dirección dada sobre una capa de material dispersante. En cada proceso elemental de dispersión, la cantidad de radiación dispersada de una dirección a otra puede variar según el ángulo entre ambas direcciones y el estado de polarización de la radiación. El resultado puede obtenerse mediante la solución de (*a*) ecuaciones integro-diferenciales de transferencia, o (*b*) ecuaciones que son la expresión matemática de principios de invariancia (obtenidas al considerar cualquier capa de un material como equivalente a dos capas adyacentes).

El Profesor Chandrasekhar es un investigador de primera fila sobre la formulación matemática de dichos problemas y sus métodos de solución. Entre estos se incluye la utilización de las *sumas de Gauss* para substituir las integrales, y la investigación de un nuevo tipo de ecuaciones integrales no-lineales. Este libro es un resumen de sus investigaciones últimas, ilustradas con aplicaciones a ciertos problemas de la iluminación celeste solar, y de las atmósferas planetarias y estelares. Se indica también — pero sin ejemplificación — su importancia en los problemas de difusión neutrónica. El propósito del autor es el tratamiento unificado, y con cierto grado de exactitud, de un extenso campo de problemas. Este libro significa un avance revolucionario en el estudio de dicha rama y marca una época en su desarrollo.

W. H. MCCREA

HARRISON, G. R., LOOFBOUROW, J. R., y LORD, R. C. *Practical Spectroscopy.* XIV + 605 págs., con numerosos diagramas a línea y medio tono. Blackie and Son Limited, Londres. 1949. 35s.

Las 600 páginas de este volumen encierran un estudio completo de casi todos los aspectos de la espectroscopía práctica moderna. Entre los temas tratados se hallan: tipos de espectrógrafo y su montaje, condiciones de iluminación, características de las distintas fuentes de la misma, técnica fotográfica, principios de intensidad cuantitativa, medidas fotográficas, foto-eléctricas y bolométricas, espectroscopía de absorción, espectroscopía del infrarojo y del vacío ultra-violeta, efecto de Raman, e interferometría. Se incluyen también capítulos sobre el análisis espectroquímico cualitativo y cuantitativo, y sobre la teoría de los espectros atómicos y moleculares. El libro es tan claro y bien escrito que quizás haga parecer demasiado fáciles estos estudios, como si no quedasen ya en ellos problemas que resolver. En las secciones sobre los espectros de emisión visibles y ultra-violeta, el mayor interés se orienta hacia los espectros atómicos, sin mencionar casi la existencia de los espectros de emisión molecular. La sección sobre los tubos de descarga y otras fuentes para los espectros de emisión de banda no es muy buena, y hubiera sido de desear la inclusión del estudio de las modernas lámparas de hidrógeno de bajo voltaje. Sin embargo, éstos no son más que detalles en un estudio tan completo que es más fácil hacer una lista de las omisiones que de las inclusiones. Preparado en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, que tanto ha laborado para el desarrollo de la espectroscopía, y producto de la colaboración de un físico, un químico y un biofísico, esta obra es un trabajo equilibrado y valioso (en realidad indispensable) sobre tema tan amplio e interesante.

A. G. GAYDON

WILKINSON, D. H. *Ionization Chambers and Counters.* 266 págs., con varios diagramas a línea. Cambridge University Press, Londres. 1950. 25s.

Este libro es otra adición notable a la ya larga lista de monografías publicadas por la misma editorial. Es una obra para especialistas, pero que debe poseer todo estudioso de Física nuclear, ya que cubre un campo en el que si bien se ha publicado mucho en revistas de investigación, muy poco ha aparecido en forma de libro.

Los cuatro primeros capítulos ofrecen una lúcida descripción de la teoría fundamental sobre la que se basa el uso de las cámaras de ionización, los contadores proporcionales y los de Geiger. Los tres capítulos siguientes tratan de los aspectos ya más prácticos de cada uno de dichos instrumentos, y el último capítulo describe brevemente el aspecto estadístico del registro y recuento de partículas cargadas. En general, el interés se centra en los contadores proporcionales y de Geiger, estudiándose la actual teoría de su funcionamiento e incluyéndose numerosos consejos prácticos para su uso.

El estilo es claro y, a veces, robusto. Es de esperar, además, que cuando aparezca la segunda edición se amplíe el último capítulo, de gran utilidad. La bibliografía es muy amplia y comprensiva.

Este volumen, aunque más caro que los demás de la misma serie, ha de tener buena acogida general.

C. L. SMITH

HISTORIA DE LA CIENCIA

DUNSHEATH, PERCY (Compilador). *A Century of Technology*. 346 págs., con veinte ilustraciones y cinco diagramas a línea en el texto. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1951. 15s.

En los últimos cien años, la ciencia ha dejado su marca sobre la civilización con mayor intensidad que en ningún siglo anterior. No sólo ha habido una mucho más intensa actividad en los estudios e investigaciones, sino que además hemos aprendido a hacer uso más práctico de nuestros descubrimientos. Por ello, la descripción de los avances técnicos desde 1851 es una tarea hercúlea que el compilador de la presente obra consigue con señalado éxito cumplir mediante la presentación de los ensayos de dieciocho especialistas, obteniendo así una visión general del extraordinario progreso científico, que ha de ser de marcado interés para todo científico y tecnólogo.

Es natural que en un trabajo de este tipo se omitan o glosen ligeramente numerosos aspectos: el desarrollo de la radio, y la interesante rama nueva de las fibras sintéticas son, por ejemplo, dos materias que merecen más extenso tratamiento. Tales críticas son, naturalmente, inevitables al tratar de una obra de este tipo, ya que no es posible pretender llenar una botella de medio litro con un litro entero de agua sin que algo se derrame. J. G. COOK

QUIMICA

BOOTH, H. S. y MARTIN, R. D. *Boron Trifluoride and its Derivatives*. 315 págs., con varios diagramas a línea. John Wiley and Sons, Nueva York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1949. 40s.

La utilidad del trifluoruro de boro como catalizador en las reacciones del alquilación, polimerización e isomerización han dado gran actualidad a dicho compuesto durante los años últimos. Su producción comercial data de 1936, y ocupa hoy un lugar importante en la investigación y en la industria. Los autores de la presente monografía han recogido y clasificado los datos que sobre dicho compuesto y sus derivados se han ido acumulando desde su descubrimiento a principios del siglo pasado. Estudian su preparación y propiedades físicas y químicas, los compuestos de coordinación, los ácidos fluobóricos y sus sales, y las propiedades catalíticas. Los dos capítulos finales tratan del análisis del trifluoruro de boro y de sus derivados y de su manejo práctico. La bibliografía contiene casi mil citas, muchas de las cuales provienen de la literatura de patentes.

La sección más útil es la que trata de los procesos catalíticos. Los datos contenidos se hallan muy bien ordenados y permiten al lector seguir la literatura de un tema particular con gran facilidad. A través de esta obra se hace patente el desconocimiento todavía reinante sobre la estructura y modo de acción de los derivados orgánicos, y los autores de este libro no pueden, por desgracia, aclarar más estos problemas. Muy a menudo se contentan con mencionar escuetamente los datos, como en una recensión química, sin hacer un juicio crítico. Tampoco consiguen resolver los problemas de nomenclatura planteados. Pero a pesar de dichas limitaciones, la obra ha de crear interés en el tema; y aún quedan muchos problemas por estudiar, no sólo en el campo de la Química inorgánica, sino en el físico-químico. Y una revisión tan completa como ésta de la presente posición de dichos estudios debe necesariamente estimular su progreso.

H. J. EMELÉUS

PAULING, LINUS. *College Chemistry*. 705 págs., con dos planchas en color y numerosas ilustraciones. W. H. Freeman and Company, San Francisco, California. 1950. 34s.

El propósito de esta excelente obra es conducir, paso a paso, al principiante hacia una sólida comprensión de los fundamentos de la Química general. El método es moderno y sigue líneas idénticas a las de la *General Chemistry* del mismo autor, pero con mayor lentitud. Al comienzo se estudia la naturaleza de los átomos y la estructura molecular de la materia, y sobre este fondo van gradualmente introduciéndose los temas de la Química descriptiva, junto con el estudio de sus principios teóricos. La selección y tratamiento de la materia, que cubre un campo muy extenso, hace muy fáciles la lectura y comprensión; en breve, el texto tiene un alto valor pedagógico. Cada capítulo concluye con un sumario de los conceptos, datos y términos usados, seguido de los acostumbrados ejercicios y preguntas.

El libro, muy bien impreso y ricamente ilustrado, quizás no se ajuste exactamente a las necesidades del Bachillerato de los distintos países, pero en su conjunto es un tratado de extraordinaria claridad, cuya lectura puede ser muy útil aún para los estudiantes más avanzados. F. FAIRBROTHER

WATERS, W. A. *Physical Aspects of Organic Chemistry* (Cuarta edición). XII + 539 págs. Routledge and Kegan Paul, Londres. 1950. 35s.

Desde su aparición hace ya quince años, esta obra ha sido reconocida como uno de los mejores tratados de la teoría química orgánica. Los años transcurridos han traído grandes cambios, habiéndose ampliado y afirmado las ideas básicas de la teoría química. La nueva doctrina quántica, el concepto de resonancia, los modernos conocimientos sobre la complicada estructura molecular, y otros tantos desarrollos han producido un cuadro más claro del mecanismo fundamental del cambio químico, siendo preciso hoy día formular los principios de las reacciones orgánicas a la luz de estas nuevas doctrinas. Aunque es difícil conseguir la compenetración de las ideas de la Química física y de la orgánica — ya que en ambas se trata de un diferente punto de vista — en esta cuarta edición de su obra (muy revisada) el Dr. Waters ha conseguido dicho fin, ofreciéndonos un sumario unificado y comprensivo de tan amplios estudios. Su punto de vista es, en esencia, el de la Química orgánica, y desarrolla su tratamiento del tema desde su aspecto histórico. Las antiguas y las nuevas teorías tienen igual prominencia, y las dificultades de terminología aparecidas al desarrollarse estos estudios, y que han conducido a graves confusiones, están explicadas concisa y claramente. El autor formula los principios básicos de la Química orgánica teórica moderna, aplicándolos a numerosos tipos de reacciones orgánicas. Dichas ideas van desarrolladas en los capítulos que tratan de las reacciones de radicales libres, catálisis, ionización y reacciones iónicas, índices de acidez, hidrólisis estérica y esterificación, reacciones de substitución, re-estructuración molecular, cambios ionotrópicos, y reacciones de sistemas conjugados, con dos capítulos finales sobre el comportamiento aromático. El volumen tiene una doble utilidad: como reseña de los más actuales conocimientos, y como texto para investigadores y estudiantes avanzados.

C. E. H. BAWN

Notas sobre los colaboradores

P. W. BRIDGMAN

Nacido en 1882, estudió en la Universidad de Harvard, en la que ha sido miembro de la Sección de Física desde 1908 y detenta la Cátedra «Hollis» de Física desde 1926. Sus principales trabajos experimentales tratan de los efectos físicos de las altas presiones hidrostáticas. Autor de trabajos sobre termodinámica y problemas fundamentales de la Física. Premio Nobel de Física en 1946.

T. G. B. OSBORN

Catedrático de Botánica en la Universidad de Oxford desde 1937. Nació en 1887 y se graduó en la Universidad de Manchester. Profesor de Botánica económica de la misma desde 1908 a 1912. Catedrático de Botánica en la Universidad de Adelaida y Técnico consejero de Botánica del Gobierno de Australia del Sur en 1912. Catedrático de la Universidad de Sydney de 1928 a 1937.

F. R. HAYES

Nacido en Parrsboro, Nueva Escocia, en 1904. Se graduó en la Universidad de Dalhousie, continuando luego sus trabajos en la de Liverpool. Después trabajó como becario de la Fundación Rockefeller en la Estación de Biología de Heligoland y en la Universidad de Kiel. Es hoy Catedrático de Zoología de la Universidad de Dalhousie, Halifax, Nueva Escocia.

C. C. COFFIN

Nacido en Nueva Escocia en 1905, estudió en las Universidades de Dalhousie y McGill. Trabajó durante dos años en los laboratorios de investigación de Shawinigan Chemicals Limited. Profesor de la Universidad de Dalhousie, donde es en la actualidad Director de la Sección de Química y Catedrático de Investigación química. Miembro de la Real Sociedad Canadiense desde 1935, y autor de cuarenta trabajos sobre la cinética química, calorimetría, estudios de trazadores, etc.

F. SHERWOOD TAYLOR

Nacido en 1897, estudió en el Lincoln College de Oxford. En 1940 fué nombrado Curador del Museo de Historia de la Ciencia de Oxford, y en 1950 Director del Museo de Ciencias de South Kensington, Londres.

P. A. SHEPPARD

Nacido en 1907, se graduó en Física en la Universidad de Bristol en 1927. Observador residente del Observatorio de Kew, 1929–32. Miembro de la Expedición Polar Británica Anual, 1932–3. Meteorólogo oficial, 1933–9. Profesor de Meteorología de la Universidad de Londres a partir de 1940. Nombrado en 1950 Secretario de la *Royal Meteorological Society*.

FLORENCIO BUSTINZA

Catedrático de Fisiología vegetal de la Universidad de Madrid. Nacido en Liverpool en 1902. Desde 1947 se ha interesado en la investigación de los productos antibacterianos de los líquenes. Autor de diversas obras sobre los antibióticos, y entre ellas de: *De Pasteur a Fleming; la penicilina y los antibióticos antimicrobianos*, y *De Koch a Waksman; la estreptomicina y los antibióticos anti-*Mycobacterium.

G. M. WYBURN

Nacido en Glasgow en 1903, estudió en la Universidad de dicha ciudad. Profesor en 1937, y Catedrático *Regius* de Anatomía en la misma. Autor de diversos trabajos sobre problemas embriológicos y de endocrinología de la reproducción.

P. BACSICH

Nacido en Szeged (Hungría) en 1905, estudió en la Universidad de Szeged. Profesor de Anatomía en la Universidad de Birmingham en 1937; en 1938 fué nombrado Profesor de Histología y Embriología en la Universidad de Glasgow. Autor de trabajos sobre aspectos endocrinológicos e histológicos de la fisiología de la reproducción.

E. L. HIRST

Nacido en Preston en 1898. Catedrático en la actualidad de Química orgánica de la Universidad de Edimburgo. Se graduó en la de St. Andrews, y ha profesado en las de St. Andrews, Durham, Birmingham, Bristol y Manchester. Especializado en investigaciones sobre los carbohidratos inclusa la Vitamina C, y en los últimos años sobre los almidones, hemicelulosas, y gomas vegetales. Obtuvo la Medalla «Davy» de la *Royal Society* en 1948.